

I. *Unipolare Induction;*
*von Wilhelm Weber*¹⁾

Ampère hat im 37. Bande der *Annales de chimie et de physique* in einer »Note über die Wechselwirkung eines Magnets und eines galvanischen Leiters« von der von Faraday entdeckten Rotation des galvanischen Leiters um die Axe des Magnets Rechenschaft gegeben, und hat damit auch die Erklärung der von ihm entdeckten Rotation eines Magnets um seine eigene Axe, wenn ein galvanischer Strom durch ihn hindurch geleitet wird, zu verbinden gesucht.

Ampère zeigt zuerst, daß nach den von ihm aufgestellten allgemeinen Gesetzen ein geschlossener Strom welcher mit dem Magnet in *keiner festen Verbindung* steht, denselben nicht um seine Axe drehen könne, noch umgekehrt (wenn alle Theile des Stromleiters unter einander fest verbunden sind) durch den Einfluß des Magnets in Drehung gesetzt werden könne. Wenn aber ein Theil des geschlossenen Stroms im Magnet liegt, so bilde, sagt er, dieser Theil mit dem Magnet ein *festes System*, worin Wirkung und Gegenwirkung sich nöthwendig aufheben müßten. Es bleibe dann nur die Wirkung des mit dem Magnet in keiner festen Verbindung stehenden Theils des galvanischen Stroms übrig, und weil dieser *nicht geschlossen* sey, werde er, im Allgemeinen, den Magnet um seine Axe drehen. Dabei bemerkt er, daß es gleichgültig sey, ob der galvanische Strom *durch den*

1) Aus den »Resultaten des magnetischen Vereins« (Heft 4), mit einigen Zusätzen und Abänderungen vom Verfasser.

Magnet geführt werde, oder ob ein Theil des Stromleiters mit dem Magnet blofs fest verbunden werde.

Die beiden Erscheinungen, welche hier Ampère aus *gleichen* Gründen zu erklären sucht, sind aber in der That von verschiedener Natur, und fordern jede ihre eigene Erklärung. Die von ihm gegebene Erklärung paßt nur für die von Faraday entdeckte Drehung, gilt aber keineswegs von der von ihm selbst entdeckten.

Der Unterschied beider Erscheinungen leuchtet leicht aus Folgendem ein.

ABCD, Taf. V Fig. 1, sey der Längendurchschnitt eines Magnets, *abc* ein durch den Magnet geführter isolirter galvanischer Leiter, dessen Fortsetzung aufserhalb des Magnets durch punktirte Linien angedeutet ist. In dieser Figur bildet wirklich, wie Ampère voraussetzt, 1) der ganze galvanische Leiter eine in sich selbst zurücklaufende Linie, 2) der Theil *abc* ein festes System mit dem Magnet. Diese beiden Bedingungen, welche in Fig. 1 erfüllt sind, gelten aber nicht mehr, wenn der Magnet um seine Axe gedreht wird. Zwar wird der isolirte Leiter *abc* in seiner festen Verbindung mit dem Magnet bleiben; aber der Endpunkt *c* wird dabei einen Kreis um die Drehungsaxe beschreiben und dadurch von der übrigen Kette getrennt werden, wie Fig. 2 Taf. V zeigt, wenigstens dann, wenn nicht der ganze Magnet mit einem leitenden Gürtel umgeben wird, den das Ende *c* bei seiner Kreisbewegung immer berührt. Findet diese fortdauernde Berührung statt, so ist aufser den beiden oben unterschiedenen Theilen des Leiters ein dritter vorhanden, nämlich das Stück des Gürtels, welches die Verbindung zwischen *c* und den punktirten Leiter herstellt, welcher von den beiden andern durch seine veränderliche Länge sich wesentlich unterscheidet. Dieser leitende Gürtel wurde von Faraday durch Quecksilber gebildet.

Bei Ampère's Versuch aber, wo *kein isolirter Lei-*

ter *abc* durch den Magnet geführt wird, sondern der Strom *frei* durch den Magnet von *a* nach *c* geht, ist die Voraussetzung nicht zulässig, welche Ampère macht, daß der durch den Magnet gehende Theil des Stroms sich bei der Drehung des Magnets ganz eben so wie ein durch jenen isolirten Leiter *abc* geführter Strom verhalte, nämlich ein *festes System* mit dem Magnet bilde, folglich an der Drehung selbst zwar Theil nehmen müsse, sie aber nicht hervorbringen könne. Der Magnetismus und der galvanische Strom, wenn sie auch in demselben Träger (einen Stahlcylinder) enthalten sind, bilden doch kein *festes System*; denn nur der Magnetismus haftet an den Stahlmoleculen, und kann nur mit ihnen *zusammen* bewegt werden. Der galvanische Strom haftet dagegen nicht an den Stahlmoleculen, sondern kann sich frei und unabhängig von den letzteren im Innern des Magnets *nach allen Richtungen* bewegen. Daraus leuchtet von selbst ein, daß dieser Strom und jener Magnetismus keineswegs, wie Ampère thut, als *fest verbundene Körper* betrachtet werden dürfen, die sich mit dem Stahlcylinder zusammen drehen, und deren Wechselwirkung sich stets aufheben müsse. Wenn aber zwar der Magnetismus an die Stahlmoleculé fest gebunden ist, nicht aber der durchgehende galvanische Strom, so folgt, daß dieser Strom durch jenen Magnetismus zwar den Stahlcylinder bewegen könne, aber nicht umgekehrt. Hiedurch fällt aber der Grund weg, aus welchem Ampère die Drehung eines Magnets, durch welche ein galvanischer Strom *frei* hindurchgeht, erklärte, und diese, durch Versuche außer Zweifel gesetzte, Erscheinung könnte nach Ampère sogar *unmöglich* erscheinen, was jedoch nicht der Fall ist, wenn man die *physikalische Existenz magnetischer Fluida*, statt Ampères hypothetischer Ströme, in den Stahlmoleculen bei der Erklärung anzunehmen gestattet, wie durch folgende Untersuchung dargethan werden soll. Die Erscheinungen, welche darin betrach-

tet werden, sind die von Faraday entdeckten *Inductionserscheinungen*, welche das Analogon von obigen elektromagnetischen Erscheinungen bilden, und von denen leicht eine Anwendung auf die letztere sich machen lassen wird.

I. Allgemeine Bemerkungen.

Bipolare und unipolare Induction.

Es wird die Existenz zweier magnetischer Fluida vorausgesetzt, eines nördlichen und eines südlichen, welche in den Moleculen eines Magnets in gleicher Menge vorhanden, aber von einander geschieden sind. Wird ein solcher Magnet bewegt, so wird in einem benachbarten Leiter ein galvanischer Strom nach bekannten Gesetzen inducirt. Dieser Strom ist so beschaffen, daß er in zwei Ströme zerlegt werden kann, von denen der eine durch die Bewegung des *nördlichen* Fluidums, der andere durch die Bewegung des *südlichen* Fluidums entsteht. Diese Induction zweier Ströme durch die Bewegung *beider* magnetischen Fluida heiße im Allgemeinen eine *bipolare* Induction. Es ist aber auch eine Induction denkbar, wobei entweder bloß ein magnetisches Fluidum bewegt wird, und also der von dem andern Fluidum inducirte Strom stets Null ist, oder das andere Fluidum bald positive, bald negative Ströme inducirt, deren Summe Null ist, so daß auch hier bloß derjenige Strom bleibt, welcher vom ersteren Fluidum inducirt wird. Diese Induction eines Stroms durch die Bewegung eines magnetischen Fluidums heiße eine *unipolare* Induction.

Methode.

Man denke sich einen Leiter, welcher die Gestalt eines horizontalen Kreises oder Ringes hat, und bewege in der verticalen Axe dieses Ringes einen bloß nördli-

ches Fluidum enthaltenden Körper abwärts, so zeigt sich im Ringe ein galvanischer Strom, dessen Richtung der täglichen Bewegung entgegengesetzt ist. Bei gleichförmiger Geschwindigkeit nimmt der Strom während der Bewegung von unendlicher Höhe bis zur Ringebene von Null an zu, während der Bewegung von der Ringebene bis zu unendlicher Tiefe, nimmt er wieder eben so bis Null ab. Bei dieser ganzen Bewegung ändert sich daher zwar die Stromstärke, nie aber die Stromrichtung im Ringe. Wird endlich der Körper mit dem darin enthaltenen nördlichen Fluidum von unten nach oben zurückgeführt, jedoch nicht in gerader Linie, sondern in einer Kreislinie, deren Mittelpunkt im Ringe liegt, so daß er dabei stets unendlich weit vom letzteren entfernt bleibt, wobei er gar keine Einwirkung auf den Ring hat, so kann die erste Bewegung wieder von Neuem beginnen und der nämliche Strom im Ringe zum zweiten Male hervorgebracht werden. Auf diese Weise könnte also mit einem Magnet, der bloß *nördliches* Fluidum enthielte, die nämliche Induction beliebig lange fortgesetzt werden, wobei im Ringe zwar die Stromstärke, nie aber die Stromrichtung wechselte. Dasselbe würde stattfinden bei einem Magnet, der bloß *südliches* Fluidum enthielte; die Richtung des Stroms würde dann aber entgegengesetzt seyn. In beiden Fällen kann der Weg des Magneten sehr abgekürzt werden, weil auf allen Wegen, auf welchen der Magnet abwärts durch den Ring hindurchgeht, aufwärts um den Ring herum zur ursprünglichen Stelle zurückkehrt, die Induction gleich ist. Die wesentliche Bedingung einer fortgesetzten gleichartigen Induction mit einem Magnet, welcher bloß *ein* magnetisches Fluidum enthält, besteht also darin, daß dieser Magnet bei seiner Bewegung abwärts durch den Ring hindurchgeht, aufwärts um den Ring herum, oder umgekehrt. Wird er dagegen sowohl abwärts als aufwärts durch den Ring hindurch oder um den Ring herumge-

führt, so wechselt die Richtung des inducirten Stroms und die Totalwirkung ist Null.

Es ist leicht, von diesen Gesetzen die Anwendung auf den *zweiten* Fall zu machen, wo ein Magnet inducirt, welcher *beide* magnetischen Fluida in gleicher Menge enthält, die also beide mit dem Magnet zugleich sich bewegen. Der von beiden Fluidis zugleich in jedem Augenblicke inducirte Strom ist die Summe der Ströme, welche von jedem Fluidum einzeln in diesem Augenblicke inducirt werden, woraus hervorgeht, dafs

1) wenn der Magnet von seiner ursprünglichen Stelle und Lage fort und zurückbewegt wird, so dafs er dabei entweder gar nicht (weder abwärts noch aufwärts) oder beide Mal (sowohl abwärts als aufwärts) durch den Ring hindurchgeht, die Wirkung im Ganzen Null ist, weil sie schon in ihren Theilen verschwindet;

2) wenn der Magnet bei jener Bewegung nur ein Mal (abwärts oder aufwärts) durch den Ring hindurchgeht, die Wirkung im Ganzen auch Null ist, weil das südliche Fluidum einen gleichen aber entgegengesetzten Strom inducirt, wie das nördliche.

Aus dem Gesagten folgt aber keineswegs, dafs eine fortgesetzte gleichartige Induction, wie ein Magnet hervorbringen kann, der blofs *ein* Fluidum enthält, bei einem Magnet, der *beide* Fluida in gleicher Menge enthält, unmöglich sey; es bleibt vielmehr noch ein *dritter* Fall zu betrachten übrig, der in den beiden vorigen noch nicht enthalten, und dann möglich ist, wenn *wirklich* magnetische Fluida *existiren*, und in den Molecülen des Magnets wirklich von einander *räumlich geschieden* sind, nämlich dafs

3) ein magnetisches Molecül so bewegt wird, dafs es durch den Ring weder ganz, noch gar nicht, sondern *halb* durch ihn geht, *halb* aufser ihm bleibt, z. B. dafs diejenige Hälfte, welche *nördliches* Fluidum enthält, abwärts durch den Ring, aufwärts aufsen herumgeht, oder

umgekehrt; die andere Hälfte aber, welche *südliches* enthält, immer aufsen bleibt. Die Wirkung ist dann im Ganzen *nicht* Null, weil das eine Fluidum (welches durch den Ring gegangen ist) einen Strom inducirt hat, welcher *nicht* aufgehoben wird, weil das andere Fluidum (welches nicht durch den Ring gegangen ist) keinen oder einen ungleichartigen Strom inducirte, dessen Wirkung im Ganzen verschwindet. Da aber der Ring sowohl wie das magnetische Molecül *feste Körper* sind, so leuchtet ein, daß dieser dritte Fall nur dann möglich ist, wenn einer von beiden *durchbrochen* wird. Ein magnetisches Molecül kann nun aber nicht so durchbrochen werden, daß jeder Theil nur *ein* Fluidum enthielte, was nöthig wäre, um *ein* Fluidum allein durch den nicht durchbrochenen Ring zu führen; folglich muß der *Ring* durchbrochen werden, was leicht geschehen kann: nur ist dabei zu bemerken, daß während des Durchbrechens des Rings keine Unterbrechung des galvanischen Kreislaufs eintreten darf. Der Ring kann 1) durchbrochen werden ohne Unterbrechung dieses Kreislaufs, wenn jenes untheilbare magnetische Molecül so beschaffen ist, daß der galvanische Strom mitten *zwischen beide Fluida* hindurchgehen kann; denn jenes Molecül kann dann während der Durchbrechung des Rings, beide Theile *leitend mit einander verbinden*; 2) kann der Ring durchbrochen werden ohne Unterbrechung jenes Kreislaufs, wenn der Kupferdraht, woraus der Ring besteht, vor der Durchbrechung ein Mal um die Mitte des Magnets gewunden wird, und, nach der Durchbrechung, hinter dem Magnet bei *c*, die Verbindung bei *a*, Taf. V Fig. 3, erhalten wird. Während dieser Verbindung in *a* können die durchgeschnittenen Drahtenden *abc* und *ab'c* durch *a* durchgezogen und zuletzt ihre Endpunkte wieder verknüpft werden.

Von diesen beiden Methoden soll hier die erstere genauer untersucht werden. Es ist leicht eine Einrichtung zu treffen, welche der dabei gemachten Voraus-

setzung entspricht. Man braucht nämlich blofs einen Stabcyylinder so zu magnetisiren, dafs seine magnetische Axe mit seiner geometrischen zusammenfällt, und ihn dann um diese Axe zu drehen; berührt man dann mit den beiden Enden eines Leitungsdrahts mit dem einen die Drehungsaxe bei *A*, Taf. V Fig. 4, mit dem andern die Peripherie des Cylinders bei *B*, so bildet der Draht mit dem Cylinder einen ringförmigen Leiter *ABCD A*, welcher auch bei der Drehung des Cylinders stets geschlossen bleibt. Es sey nun *ns* ein magnetisches Molecül im Cylinder, an dessen einem Ende *n* das nördliche, am andern *s* das südliche Fluidum sich befindet. Das Molecül sey so beschaffen, dafs ein galvanischer Strom mitten durch geleitet werden kann. Wenn man sich nun denkt, dafs der ringförmige Leiter *ABCD A* durch den Punkt geht, wo sich die Mitte dieses Molecüls jetzt befindet, so sieht man leicht, dafs das nördliche Fluidum *n* bei jeder Umdrehung des Cylinders abwärts durch den Ring der Leitungskette hindurch, aufwärts um diesen Ring herumgeführt wird, wenn wir annehmen, dafs in der Figur *ns* sich bei der Drehung abwärts bewegt, und nach einer halben Umdrehung nach *n's'* gelangt, um dort wieder aufwärts zu gehen. Das südliche Fluidum *s* bleibt dagegen bei der Drehung des Cylinders stets ausser dem Ringe. Unter solchen Verhältnissen kann also ein fortdauernder gleichartiger Strom in der durch den beigesetzten Pfeil angedeuteten Richtung entstehen, wie durch die Erfahrungen Faraday's gezeigt worden, und hier die nachher mitzutheilenden Versuche bestätigen werden.

Nachdem die Grundidee der zu beschreibenden Versuche angegeben worden ist, sollen noch einige Sätze entwickelt werden, welche bei der Anordnung der Versuche im Einzelnen zum Leitfaden gedient haben.

Gesetze.

1. Die Induction auf allen Wegen von dem berührten Punkte der cylindrischen Oberfläche zu dem berührten Ende der Drehungsaxe ist gleich, wenn die magnetischen Fluida überall gleichmäfsig geschieden sind.

Vorausgesetzt wird, dafs alle magnetischen Molecüle in dem sich drehenden Cylinder gleich stark sind und gleichweit abstehen, wie wenn der Cylinder z. B. in lauter kleine und gleiche Würfel getheilt wäre, in deren Endpunkten die magnetischen Molecüle lägen. Die Molecüle mögen dann der Drehungsaxe parallele Reihen bilden. Welchen Weg der Strom auch nehme, so mufs er durch alle Molecülen-Reihen von der Oberfläche bis zur Axe hindurchgehen, und die wahrscheinliche Anzahl der magnetischen Molecüle, welche er auf seinem Wege schneidet, ist der Zahl n dieser Reihen proportional; ausserdem ist sie der Länge l jener Molecülen direct und ihrem Abstand a umgekehrt proportional, oder
$$= \frac{nl}{a}.$$
 Da nun alle Molecüle gleich und gleich entfernt

(g. h. l und a constant) angenommen werden, so folgt, dafs die Zahl der Schneidungen auf allen Wegen gleich erwartet werden mufs. Dieser Satz gilt selbst von solchen Wegen, welche über die Drehungsaxe hinaus führen und jenseits noch mehrere Molecülen-Reihen durchschneiden, bis sie endlich zum Ende der Axe gelangen; denn es leuchtet ein, dafs ein solcher Weg jede Reihe jenseits der Axe zwei Mal schneidet, das eine Mal sich entfernend, das andere Mal sich der Axe wieder nähernd, beide Mal mit gleicher Wahrscheinlichkeit ein magnetisches Theilchen zu treffen. Die Induction durch die Schneidung eines Theilchens auf dem Hinwege wird aber durch die auf dem Rückwege aufgehoben, so dafs der Wahrscheinlichkeit nach die Induction auf einem solchen Umwege im Ganzen Null ist.

2. Wenn der galvanische Strom gleichzeitig auf mehreren Wegen von der Oberfläche des Cylinders zur Axe geht, auf denen allen die Induction gleich ist, so ist die Induction eben so stark, als wenn er blofs auf einem Wege hindurchgeht.

Es ist bekannt, dafs wenn man *mehrere* gleiche galvanische Säulen aufbaut, und ihre gleichnamigen Pole unter einander und mit den Enden einer langen Leitungskette verbindet (wenn also alle von jenen Säulen ausgehenden Ströme unmittelbar hinter den Säulen sich vereinigen, dann durch die lange Leitungskette gehen und endlich unmittelbar vor den Säulen sich wieder theilen, um ihren Kreislauf zu vollenden), der Strom in der Leitungskette eben so stark ist, wie wenn die Enden der letztern blofs die Pole *einer* Säule berührten, vorausgesetzt, dafs der Widerstand in der Kette verschwindet. Wendet man diesen Satz auf unsern Fall an, so kann jeder Weg durch den Cylinder dem Wege durch eine Säule verglichen werden, woraus der angeführte Satz folgt, weil der Widerstand im Cylinder gegen den Widerstand in der übrigen Kette verschwindet. Hieraus folgt

3. die Induction ist unabhängig von der Zahl der Punkte, welche an der Oberfläche des Cylinders berührt werden;
4. Die Induction ist unabhängig von der Länge des Cylinders, dessen Molecüle alle gleich stark magnetisch sind;
5. die Induction ist unter sonst gleichen Verhältnissen dem Querschnitt des Cylinders proportional;
6. Wenn unter den verschiedenen Wegen, welche durch den Cylinder gehen, einige sind, für welche die Induction gröfser, andere, für die sie kleiner ist, so wird der Strom eben so stark seyn, als wenn er auf dem letzteren Wege allein durch den Cylinder gegangen wäre.

Es ergibt sich der letzte Satz aus der Vergleichung unseres Falls mit dem eines Leitungsdrahts, der am Ende getheilt zu mehreren *ungleichen* Säulen geführt wird. Denn wenn eine solche Stromtheilung stattfindet, daß einige Theile durch stärkere, andere durch schwächere Säulen gehen, so wird der Strom in der übrigen ungetheilten Kette eben so stark seyn, wie wenn keine Theilung stattfände und der Strom bloß durch die schwächste Säule ginge, vorausgesetzt, daß der Widerstand in den Säulen gegen den Widerstand der ganzen Leitungskette verschwindet. Würde ein Theil, statt durch eine Säule, bloß durch einen Leiter geführt, worin auch der Widerstand gegen den Widerstand der ganzen Kette verschwindet, so würde der galvanische Strom in der übrigen ungetheilten Kette ganz aufhören. Es ist leicht, die Anwendung hiervon auf unsern Fall zu machen. Alle Induction müßte verschwinden, wenn man durch eine kupferne Hülse die cylindrische Oberfläche mit der Axe des Magnets verbände.

7. Wenn der Cylinder in allen Theilen gleich stark magnetisch ist, so wird durch zwei Umdrehungen ein Strom inducirt, welcher dem Strome gleich ist, der von demselben Cylinder durch *einen Wechsel* in einer, aus einer Umwindung bestehenden Inductorrolle hervorgebracht wird, vorausgesetzt, daß der Durchmesser der letzteren gegen die Länge des Cylinders sehr klein ist.

Ist M das magnetische Moment des Cylinders und L seine Länge, und denkt man sich die magnetischen Fluida auf die beiden Endflächen des Cylinders vertheilt, was unter obiger Voraussetzung, daß alle Theilchen des Cylinders gleich magnetisch sind, verstatet ist, so ist $= \frac{M}{L}$

die Menge des nördlichen oder südlichen Fluidums, welches auf der einen oder andern Endfläche sich befindet. Der durch *einen Wechsel* inducirte Strom S ist dann dem

Strome gleich, der durch *ein* Fluidum $\pm \frac{M}{L}$ inducirt würde, wenn es zwei Mal auf demselben Wege und in derselben Richtung durch den Inductorring geführt würde (vorausgesetzt, daß der Durchmesser des letzteren gegen die Länge des Cylinders sehr klein ist), wonach man also schreiben kann:

$$S = 2c \cdot \frac{M}{L},$$

wo c constant ist, und bloß vom Widerstande der Kette abhängt. Wenn der Inductor mehrere Umwindungen bildet, so müßte c mit der Zahl der Umwindungen multiplicirt werden.

Besteht nun dieser Cylinder aus lauter gleichen und parallelen Molecülen, deren jedes ein magnetisches Moment $= m$ und eine Länge $= l$ hat, und deren Abstand $= a$ ist, so ist die Zahl dieser Molecüle dem Volumen des Cylinders, dividirt durch den Cubus des Abstands a , gleich, oder $= \frac{\pi R R L}{a^3}$, wenn R den Halbmesser des Cylinders bezeichnet. Die Summe der Momente aller Molecülen ist dem Momente M gleich, oder:

$$\frac{\pi R R L}{a^3} \cdot m = M.$$

Befindet sich nun am einen Ende jedes Molecüls $+\frac{m}{l}$

(nördliches) Fluidum, am andern Ende $-\frac{m}{l}$ (südliches)

Fluidum, so erhält man die Menge nördlichen (oder südlichen) Fluidums, welche bei jeder Umdrehung des Cylinders durch den Ring der Leitungskette geht, und einen fortdauernden gleichartigen Strom inducirt, wenn man $\pm \frac{m}{l}$ mit der Zahl der Molecülenreihen im Cylin-

der und mit dem Verhältniß $\frac{l}{a}$ (welches die Wahrschein-

lichkeit misst, daß der Strom beim Durchgang durch eine Molecülenreihe ein Molecül schneidet) multiplicirt. Die Menge des inducirenden, bei jeder Umdrehung des Cylinders durch den Ring der Leitungskette hindurchgehenden Fluidums ist also:

$$= \frac{m}{l} \cdot \frac{\pi R R}{a a} \cdot \frac{l}{a} = \frac{\pi R R m}{a^3},$$

denn die Zahl der Molecülenreihen im Cylinder ist dem Querschnitt $\pi R R$ des Cylinders, dividirt durch das Quadrat des Abstands a der Molecüle, gleich. Hiernach ist der durch jede Umdrehung inducirte Strom:

$$s = c \cdot \frac{\pi R R m}{a^3},$$

wo c dieselbe Bedeutung wie früher hat. Vergleicht man nun die beiden Ströme mit einander, so findet man:

$$S = 2s,$$

d. h. der durch zwei Umdrehungen des Cylinders inducirte Strom gleich dem durch *einen Wechsel* hervorgebrachten, vorausgesetzt, daß der Draht der Inductorrolle bloß eine Umwindung bildet.

8. Wenn einige Theile des Cylinders stärker, andere schwächer magnetisirt sind, so ist der durch zwei Umdrehungen des Cylinders inducirte Strom schwächer als der durch *einen Wechsel*, vorausgesetzt, daß der Draht der Inductorrolle nur eine gegen die Länge des Cylinders sehr kleine Umwindung bildet.

Unter den Wegen, welche der galvanische Strom durch den Cylinder nimmt, ist einer, welcher durch die meisten schwach magnetisirten Theile geht. Der durch Drehung des Cylinders inducirte Strom ist nach (6.) nicht stärker, als wenn der Cylinder in allen seinen Theilen eben so schwach magnetisirt wäre. Der durch *einen Wechsel* inducirte Strom dagegen wird verstärkt, wenn auch der Magnetismus des Cylinders nicht in al-

len, sondern nur in einzelnen Theilen verstärkt wird, woraus sich obiger Satz von selbst ergibt.

II. Instrumente.

Die Instrumente zur Erregung und Beobachtung der unipolaren Induction waren aus folgenden Theilen zusammengesetzt: *erstens* aus zwei in der Richtung ihrer Axe magnetisirten Stahlcylindern; *zweitens* aus einem Getriebe, womit jene Cylinder um ihre Axe mit einer meßbaren Geschwindigkeit gedreht werden konnten; *drittens* aus einem, mit Multiplicator versehenen Magnetometer zur Messung der inducirten Ströme; *viertens* aus einer Vorrichtung, um das eine Ende des Multiplicatordrahts mit dem Ende der Drehungsaxe, das andere mit der cylindrischen Oberfläche des Magnets leitend zu verbinden, ohne dessen Drehung zu hemmen; *fünftens* aus einer Inductorrolle, um mit dem nämlichen Magnet die im vierten Hefte der „*Resultate*“ beschriebenen Inductionsversuche auszuführen.

1) Die cylindrischen Magnete.

Zwei gehärtete Stahlcylinder, der eine 269^{mm} lang, 23^{mm} dick, der andere 502^{mm} lang, 20^{mm},5 dick, wurden am einen Ende (Nordende) mit einer Spitze versehen, am andern mit einer Schraubenmutter. An letzteres wurde ein gezähntes Rad (mit 40 Zähnen) angesetzt, dessen Axe in eine Spitze auslief, wie Fig. 5 Taf. V darstellt. Der erste Stahlcylinder wurde zwei Mal magnetisirt, das erste Mal schwächer, das zweite Mal stärker, so daß sein magnetisches Moment dort 65, hier 108 Millionen nach absolutem Maafs betrug. Der zweite Cylinder erhielt ein magnetisches Moment von 450 Millionen.

2) Das Getriebe.

Das Getriebe war dasselbe, was im zweiten Hefte der *Resultate* (für 1837) bei Gelegenheit des Inductions-Inclinatoriums beschrieben worden ist ¹⁾. Nur wurde noch ein Rad mit 60 Zähnen hinzugefügt, welches in das an den Magneten befestigte mit 40 Zähnen eingriff. Bei jeder Umdrehung der Kurbel machte der Stahlcylinder $8\frac{1}{2}$ Umdrehungen. Zur Verbindung des Getriebes mit dem Magnet diente ein Gestell, Fig. 6 Taf. V, welches aus einer eisernen Klammer bestand, auf welche das Getriebe angeschraubt wurde, und an deren Ende eine kleine Vertiefung sich befand, in welche die Spitze des am Magnet befestigten Rädchens eingesetzt wurde, während die Spitze am Nordende des Magnets in eine ähnliche Vertiefung einer zweiten Klammer paßte. Die Gestalt der Klammer wurde hiebei darum gebraucht, um zwei große Magnete mit ihren Enden dem sich drehenden Magnet von entgegengesetzten Seiten möglichst nähern zu können, was bei einigen Versuchen geschah. Die Klammern wurden dann durch das Gewicht dieser Magnete festgehalten. Wurden die Magnete entfernt, so wurden die Klammern fest an die Tischplatte geschraubt, worauf der Apparat stand.

3) Magnetometer und Multiplicator.

Das zu diesen Versuchen gebrauchte Magnetometer war das im dritten Hefte der *Resultate* beschriebene transportable Magnetometer. Dieses kleine Magnetometer wurde bei diesen Versuchen einem größeren darum vorgezogen, weil dort der Multiplicatordraht bei einer geringeren Länge (von etwa 600 Metern) eine größere Zahl von Umwindungen (2000) hatte. Durch ersteres (die geringere Drahtlänge) wurde der Widerstand vermindert, also der inducirte Strom verstärkt, durch letz-

1) S. Annalen, Bd. XXXXIII S. 493.

teres (die größere Zahl von Umwindungen) wurde die Kraft des Stroms multiplicirt; durch beides wurde die Ablenkung der Magnetometernadel vergrößert. Um diese Vergrößerung noch zu vermehren, wurde ein 25pfündiger Magnetstab etwa 2 Meter südlich vom Magnetometer aufgestellt, welcher sein Südende nach Norden kehrte. Der Magnetismus dieses Stabes hielt in der Nadel einem großen Theil der erdmagnetischen Kraft das Gleichgewicht, und vergrößerte dadurch die Empfindlichkeit des Magnetometers, wodurch also derselbe Zweck wie durch eine astatische Einrichtung erreicht wurde. Die Schwingungsdauer der Magnetometernadel war zuvor etwa 10 Secunden, und wurde dadurch auf etwa 20 Secunden gebracht.

4) Die Verbindung der Drahtenden mit dem sich drehenden Magnet.

Das eine Ende des Multiplicatordrahts, welches mit dem Ende der Drehungsaxe leitend verbunden werden sollte, wurde an die eiserne Klammer geknüpft, worauf das Getriebe geschraubt war und worin die Spitze lief, welche das Ende der Drehungsaxe bildete. Das andere Ende des Multiplicatordrahts wurde dagegen in eine Schale mit Quecksilber getaucht, welche unter dem sich drehenden Magneten stand. Der Magnet war in seiner Mitte mit einer Messingscheibe umgeben, die sich mit ihm drehte und mit dem untern Rande in das Quecksilber tauchte. Auf diese Weise ward die Drehung des Magnets durch die Verbindung des letzteren mit den beiden Enden des Multiplicatordrahts nicht gehemmt.

5) Die Inductorrolle.

Ein Stück von der nämlichen Sorte überspannenen Kupferdrahts, woraus der Multiplicator bestand, wurde um einen hölzernen Ring von 44^{mm} Durchmesser 20 Mal gewunden. Dieser Ring wurde als Inductorrolle gebraucht.

Der

Der Widerstand war so klein, daß er gegen den großen Widerstand im Multiplicator vernachlässigt werden konnte; daher die mit dem nämlichen Magnet bald durch Drehung, bald durch den Wechsel dieser Rolle inducirten Ströme unmittelbar die Größe der Induction maßen.

III. Versuche.

Die Magnete, welche zu den folgenden Versuchen gebraucht wurden, waren, wie alle Magnete, nicht in allen ihren Theilen gleichmäßig magnetisirt, sondern in der Mitte stärker, nach den Enden schwächer. Sie erfüllen also nicht die Bedingung, welche bei den oben angeführten Sätzen vorausgesetzt wurde. Auch läßt sich kein Magnet darstellen, der jene Bedingung genau erfüllte. Muß man sich also bei diesen Versuchen mit Stäben begnügen, welche von ganz gleichmäßiger Magnetisirung oft sehr weit entfernt sind, so kann man nicht erwarten, daß die oben aufgestellten Sätze eine unmittelbare und genaue Anwendung auf diese Versuche finden, und die Stärke der inducirten Ströme sich daraus richtig und genau vorausbestimmen lasse. Obige Sätze können und sollen unter solchen Verhältnissen bloß dazu dienen, eine ungefähre Idee von der Stärke der zu erwartenden Ströme zu geben, oder zu bestimmen, von welcher Größenordnung dieselben etwa seyn sollen. Nur eine *Gränze* der Stromstärke wird dann durch obige Sätze gegeben, der sich die inducirten Ströme nähern, die sie aber nicht erreichen, so lange der Cylinder ungleichförmig magnetisirt ist. Der nächste Zweck der folgenden Versuche ist daher zu prüfen, ob wirklich auf die beschriebene Weise ein Strom entstehe, ferner, ob die Stromstärke von der nämlichen Größenordnung sey, wie die Stärke eines durch den beschriebenen Wechsel inducirten Stroms, endlich, ob, wie nach (8.) erwartet wird, jener Strom von diesem übertroffen wird.

Wenn diese Fragen durch die folgenden Versuche bejahend beantwortet werden, so soll endlich noch versucht werden, die äusseren Verhältnisse bei der *ersten* Induction so abzuändern, daß der hervorgebrachte Strom der angegebenen Gränze mehr genähert, und sogar der andere, bisher stärkere, Strom von ihm übertroffen wird. Der Grund, warum der inducirte Strom jene oben festgesetzte Gränze nicht erreicht, daß nämlich der Magnet nach den Enden zu schwächer als in der *Mitte* ist, kann theilweis oder ganz gehoben werden, durch Annäherung von größeren Magneten, welche den Magnetismus der *Enden* verstärken, während der Magnetismus in der *Mitte* fast unverändert bleibt. Wenn man annehmen dürfte, daß der Magnetismus in der *Mitte* dadurch ganz ungeändert bliebe, aber, statt er vorher im ganzen Stabe hier am größten war, nun am kleinsten würde, so würde sich dann ergeben, daß der inducirte Strom nie *schwächer* seyn könne, als die oben festgesetzte Gränze angiebt; die also nach dieser Abänderung aus einer *oberen* Gränze in eine *untere* verwandelt worden wäre. Doch sieht man leicht ein, daß hiebei sehr viel von der Länge und von dem ursprünglichen Magnetismus und der Weichheit des Stahls des Cylinders abhängt. Bei kurzen Cylindern wird der Magnetismus nicht bloß an den Enden, sondern auch bis nahe zur Mitte hin verstärkt werden, desto mehr, je schwächer der Magnet ursprünglich war. Bei langen Cylindern wird der Magnetismus in einiger Entfernung von den Enden nach der Mitte zu wenig oder gar nicht geändert werden. Hiernach kann man erwarten 1) daß bei Drehung eines kurzen, schwach magnetisirten Cylinders, der zur Verstärkung seiner Enden zwischen zwei festen Magnetstäben liegt, ein Strom inducirt werden wird, der die oben festgesetzte Gränze *überschreitet*, sich jedoch 2) ihr desto mehr *nähert*, je *stärker* der Cylinder magnetisirt wird; 3) wird derselbe Cylinder frei gedreht, *ohne Vorlage* anderer Magnete,

so wird der inducirte Strom die festgesetzte Gränze *nicht erreichen*, jedoch sich ihr desto mehr nähern, je stärker der Cylinder magnetisirt wird; aber auch beim höchsten Sättigungsgrade davon noch entfernt bleiben, weil die Ungleichförmigkeit des Magnetismus in der Mitte und an den Enden durch stärkere Magnetisirung zwar geringer werden, aber nie verschwinden kann; 4) bei Drehung eines sehr *langen* Cylinders, auch wenn er stark magnetisirt ist, muß man dagegen erwarten, daß der inducirte Strom die oben festgesetzte Gränze *nie erreichen* und ihr dadurch, daß die Stabenden durch vorgelegte Magnete etwas verstärkt werden, nur wenig genähert werden könne; denn es läßt sich erwarten, daß die Wirkung der letzteren sich auf keine große Entfernung von den Enden erstrecken und nicht vermögen wird, den Magnetismus aller Theile so zu verstärken, daß er dem der mittelsten Theile gleich käme. Zur Bestätigung werden folgende Versuchsreihen dienen.

Erste Reihe.

Drehung eines kurzen und schwach magnetisirten Cylinders. Die Enden wurden durch magnetische Vorlagen verstärkt.

Der Cylinder war 269^{mm} lang und 23^{mm} dick; sein magnetisches Moment nach absolutem Maafse = 65 Millionen.

60 Umdrehungen in 7 Secunden.

Drehung vorwärts.			Drehung rückwärts.		
616,3	623,3	622,56	743,0	736,0	736,54
626,8	622,1		732,5	737,0	
619,7	621,9		739,2	736,3	
623,0	623,1		734,8	737,5	
623,2	622,4		738,8	735,9	
622,0			734,5		
617,0	623,1	622,02	734,2	736,7	737,12
626,2	622,5		738,0	737,0	
620,7	622,2		736,5	737,2	
623,0	621,0		737,5	737,2	
620,0	621,3		737,0	737,5	
622,0			737,8		

Die *erste* Columnne giebt die Beobachtungen der Maxima und Minima des Magnometerstands während der Drehung; die *zweite* Columnne giebt den wahren Stand aus je zwei Beobachtungen, mit Rücksicht auf die Dämpfung berechnet: die zweite Beobachtung wird der ersten um ein Drittel der Differenz genähert; die *dritte* Columnne giebt das Mittel von den fünf Ständen der vorigen Columnne. Stellt man die Werthe der dritten Columnne zusammen, so geben die Differenzen der Stände, welche abwechselnd für die Drehung vorwärts und rückwärts gelten, den durch den inducirten Strom hervorgebrachten Ausschlag verdoppelt:

vorwärts	622,56	113,98	114,53
rückwärts	736,54	114,52	
vorwärts	622,02	115,10	
rückwärts	737,12		

Auf dieselbe Weise wurde der doppelte Ausschlag für 30 Umdrehungen in 7 Secunden gefunden:

$$=56,52,$$

was beinahe die Hälfte des Vorigen ist. Im Mittel kann man hienach 57,02 als den einfachen Ausschlag bei 60 Umdrehungen in 7 Secunden annehmen, d. i. 6,652 als

den einfachen Ausschlag bei 1 Umdrehung in 1 Secunde, oder 13,304 bei 2 Umdrehungen in 1 Secunde. Zur Vergleichung wurden mit dem nämlichen Magnet auch diejenigen Inductionsversuche angestellt, welche im dritten Hefte der Resultate, S. 98 ff., beschrieben worden sind. Zu bemerken ist, daß die Schwingungsdauer der Magnetometernadel $20''{,}5$ betrug und die Inductorrolle 20 Umwindungen hatte. Die magnetischen Vorlagen mußten bei diesen Versuchen entfernt werden. Es wird genügen die Beobachtungen der Elongation zusammenzustellen, ohne die Anordnung der Wechsel beizufügen, die man a. a. O. beschrieben findet.

Elongationen.	<i>a.</i>	<i>b.</i>	Elongationen	<i>a.</i>	<i>b.</i>
643,0			639,0	8,5	
637,0	8,2		650,7	...	16,5
651,2	...	17,0	655,5	8,7	
654,0	9,2		642,0	...	17,7
642,0	...	16,0	637,8	8,5	
638,0	9,0		650,5	...	16,7
651,0	...	15,2	654,5	8,7	
653,2	8,0		641,8	...	16,3
643,0	...	15,7	638,2	8,2	
637,5	7,8		650,0	...	15,3
650,8	...	16,7	653,5	8,0	
654,2	8,6		642,0	...	15,5
642,2	...	15,2	638,0		

Hiernach ist im Mittel:

$$a = 8,45$$

$$b = 16,15$$

$$\frac{aa + bb}{\sqrt{ab}} = 28,44.$$

Multiplicirt man den letzten Werth mit $\frac{t}{\pi n}$, wo t die Schwingungsdauer der Magnetometernadel ($= 20''{,}5$), n die Zahl der Umwindungen der Inductorrolle ($= 20$) bezeichnet, so findet man den einfachen Ausschlag, wel-

cher 1 Umwindung und 1 Wechsel in 1 Secunde entsprechen würde, $=9,279$. Vergleicht man hiermit den Ausschlag, welcher oben für 2 Umdrehungen in 1 Secunde erhalten wurde, $=13,304$, so sieht man, daß der inducirte Strom, durch welchen letzterer hervorgebracht wurde, der Erwartung gemäß (siehe oben unter (1.)), stärker ist als der, welcher den ersteren Ausschlag bewirkte.

Zweite Reihe.

Drehung eines kurzen, stark magnetischen Cylinders.

Die Enden wurden durch magnetische Vorlagen verstärkt.

Der Cylinder war 269^{mm} lang, 23^{mm} dick; sein magnetisches Moment nach absolutem Maafs $=108$ Millionen. Da die Versuche eben so wie die vorhergehenden gemacht worden sind, so genügt es die Resultate anzuführen. Der doppelte Ausschlag bei 60 Umdrehungen in 7 Secunden wurde gefunden:

$$=152,50,$$

bei 30 Umdrehungen in 7 Secunden:

$$=76,61.$$

Im Mittel kann man hiernach 76,37 als den einfachen Ausschlag bei 60 Umdrehungen oder als den doppelten Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Secunden annehmen, d. i. 8,91 als den einfachen Ausschlag bei 1 Umdrehung in 1 Secunde, oder 17,82 bei 2 Umdrehungen in 1 Secunde.

Zur Vergleichung hiermit wurden auch die Versuche mit der aus 20 Umwindungen bestehenden Inductorrolle wiederholt, wobei die Schwingungsdauer der Magnetometernadel $t=21",44$ betrug. Es ergab sich:

$$a=14,22$$

$$b=26,94$$

$$\frac{aa+bb}{\sqrt{ab}}=47,412.$$

Dividirt man den letzten Werth mit

$$\frac{n}{t}\pi = \frac{20}{21,44} \cdot 3,14159 \dots,$$

so findet man den Ausschlag, welcher 1 Umdrehung und 1 Wechsel in 1 Secunde entsprechen würde:

$$= 16,178.$$

Vergleicht man hiermit den Ausschlag, welcher oben für 2 Umdrehungen in 1 Secunde erhalten wurde:

$$= 17,82,$$

so sieht man, daß der inducirte Strom, welcher den letzteren Ausschlag hervorbrachte, der Erwartung gemäß (siehe oben unter 2.), nur wenig stärker ist als der, welcher den ersteren bewirkte.

Dritte Reihe.

Drehung eines kurzen, stark magnetisirten Cylinders ohne magnetische Vorlagen.

Der Cylinder war unverändert geblieben, wie bei der zweiten Reihe.

Der doppelte Ausschlag bei 60 Umdrehungen in 7 Secunden wurde gefunden:

$$= 64,33,$$

bei 30 Umdrehungen in 7 Secunden:

$$= 31,83.$$

Im Mittel kann man hiernach 32,05 als den einfachen Ausschlag bei 60 Umdrehungen oder als den doppelten Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Secunden annehmen, d. i. 3,74 als den einfachen Ausschlag für 1 Umdrehung in 1 Secunde, oder 7,48 für 2 Umdrehungen in 1 Secunde.

Vergleicht man dieses Resultat mit dem Ausschlage, welcher nach der vorigen Reihe für denselben Magnet 1 Umdrehung der Inductorrolle und 1 Wechsel in 1 Secunde entsprach:

$$= 16,178,$$

so sieht man, daß der inducirte Strom, welcher jenen

Ausschlag = 7,48 hervorbrachte, der Erwartung gemäß zwar schwächer als der, welcher diesen Ausschlag = 16,178 bewirkte (siehe oben unter 3.), aber doch noch von der nämlichen Größenordnung ist, so daß man nach No. 8 berechtigt scheint, den Unterschied aus der beträchtlichen Verschiedenheit abzuleiten, die in einem solchen Stabe, dessen Enden durch keine magnetischen Vorlagen verstärkt werden, zwischen dem Magnetismus der mittleren und der Endtheile stattfindet.

Vierte Reihe.

Drehung eines langen, stark magnetisirten Cylinders. Die Enden wurden durch magnetische Vorlagen verstärkt.

Der Cylinder war 502^{mm} lang und 20^{mm},5 dick; sein magnetisches Moment nach absolutem Maafs = 450 Millionen. Der doppelte Ausschlag bei 60 Umdrehungen in 7 Secunden wurde gefunden:

$$= 194,22,$$

bei 30 Umdrehungen in 7 Secunden:

$$= 97,85.$$

Im Mittel kann man hiernach 97,36 als den einfachen Ausschlag bei 60 Umdrehungen oder als den doppelten Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Secunden annehmen, d. i. 11,36 als den einfachen Ausschlag bei 1 Umdrehung in 1 Secunde, oder 22,72 für 2 Umdrehungen in 1 Secunde.

Zur Vergleichung hiermit wurden die Inductionsversuche mit der aus 20 Umwindungen bestehenden Rolle auch mit diesem Magnet gemacht. Die Schwingungsdauer der Magnetometernadel war dabei $t = 22",34$ gefunden worden. Es ergab sich dabei:

$$a = 28,76$$

$$b = 57,69$$

$$\frac{aa + bb}{\sqrt{ab}} = 102,01.$$

Dividirt man diesen letzteren Werth mit

$$\frac{n}{t}\pi = \frac{20}{22,34} \cdot 3,14159 \dots,$$

so findet man den Ausschlag, welcher 1 Umwindung und 1 Wechsel in 1 Secunde entspricht:

$$= 36,27.$$

Vergleicht man hiermit den obigen Ausschlag für 2 Umdrehungen des Cylinders in 1 Secunde:

$$= 22,72,$$

so sieht man, daß der inducirte Strom, welcher diesen letzteren Ausschlag hervorbringt, bei diesem langen Cylinder trotz der Verstärkung seiner äußersten Enden doch nicht mit dem auf die erste Weise inducirten Strome, welcher den Ausschlag $= 36,27$ bewirkte, gleich kommt, wie dies auch vermuthet worden ist (siehe oben unter 4.).

Fünfte Reihe.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen hatte sich immer die in Quecksilber tauchende Messingscheibe in der *Mitte* des Cylinders befunden; in den folgenden Versuchen wurde sie an das *Ende* des Cylinders verschoben, um zu bestätigen, daß die Länge des Weges, welchen der inducirte Strom im Magnet der Drehungsaxe parallel zurücklegen muß, keinen Einfluss auf die Stromstärke hat. Der Strom wurde nämlich zuerst an dem von der Messingscheibe entfernteren, sodann an dem der Messingscheibe zunächst liegenden Ende der Drehungsaxe abgeleitet.

Der Cylinder und seine magnetischen Vorlagen blieben wie in voriger Reihe.

1) Ableitung am *entfernten* Ende der Drehungsaxe. Der doppelte Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Sekunden wurde gefunden:

$$= 57,12.$$

2) Ableitung am *zunächst* liegenden Ende der Drehungsaxe.

Der doppelte Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Sekunden wurde gefunden:

$$= 59,08.$$

Aus der Vergleichung dieser beiden Resultate geht von selbst hervor, daß der inducirte Strom durch den längeren Weg, den er im ersteren Falle der Drehungsaxe parallel im Cylinder zurücklegen mußte, wenigstens *nicht* verstärkt worden ist. Der Unterschied beider Resultate ist zu klein, als daß man das Gegentheil daraus zu schliessen berechtigt wäre.

Sechste Reihe.

Drehung eines langen, stark magnetisirten Cylinders ohne magnetische Vorlagen.

Der Cylinder war derselbe wie bei den beiden vorigen Versuchsreihen; die in Quecksilber tauchende Messingscheibe befand sich in der Mitte des Cylinders. Der doppelte Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Sekunden wurde gefunden:

$$= 61,70,$$

wonach 7,20 der einfache Ausschlag ist für 1 Umdrehung in 1 Secunde, oder 14,40 für 2 Umdrehungen in 1 Secunde.

Vergleicht man dieses Resultat mit dem Ausschlage welcher nach der vierten Reihe bei demselben Magnet 1 Umwindung der Inductorrolle und 1 Wechsel in 1 Secunde entsprach:

$$= 36,27,$$

so sieht man, daß der inducirte Strom, welcher jenen Ausschlag $= 14,40$ hervorbrachte, viel schwächer ist als der, welcher diesen Ausschlag $= 36,27$ hervorbringt, wie unter obwaltenden Verhältnissen auch vermuthet worden war (siehe oben unter 4.).

Siebente Reihe.

Die Versuche der vorigen Reihe wurden wiederholt, indem die in Quecksilber tauchende Messingscheibe an's Ende des Cylinders gerückt wurde, um das in der fünften Reihe gefundene Resultat auch für den Fall, wo keine magnetischen Vorlagen gebraucht werden, zu bestätigen.

1) Ableitung am *entfernten* Ende der Drehungsaxe.
Der doppelte Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Sekunden wurde gefunden:

$$= 20,44.$$

2) Ableitung am *zunächst* liegenden Ende der Drehungsaxe.

Der doppelte Ausschlag bei 30 Umdrehungen in 7 Sekunden wurde gefunden:

$$= 21,66.$$

Auch aus der Vergleichung dieser beiden Resultate geht von selbst hervor, daß der inducirte Strom durch den längern Weg, den er im ersteren Falle der Drehungsaxe parallel im Cylinder zurücklegen mußte, *nicht* verstärkt worden ist.

IV. Anwendungen.

1) Anwendung auf Ampère's elektrodynamische Theorie der magnetischen Erscheinungen.

Die Erscheinungen der unipolaren Induction finden zunächst eine interessante Anwendung auf Ampères elektrodynamische Theorie der magnetischen Erscheinungen, oder auf die Frage, ob den beiden magnetischen Fluidis physische Existenz zugeschrieben werden müsse, oder ob überall statt ihrer die Annahme fortdauernder galvanischer Ströme im Innern der Magnete zur Erklärung der Erscheinungen genüge. Zur Erklärung der unipolaren Induction scheint die letztere Annahme nicht zu

genügen, während die Annahme von der physischen Existenz zweier magnetischer Fluida nicht allein jene Erklärung zu geben scheint, sondern auch zuerst auf die Betrachtung dieser Erscheinungen geführt hat.

Wollte man eine Erklärung der mit dem Namen der unipolaren Induction bezeichneten Erscheinungen aus Ampère's elektrodynamischer Theorie der magnetischen Erscheinungen abzuleiten versuchen, so würde dieser Versuch daran scheitern, daß galvanische Ströme, nach Ampère, nur in solche Elemente sich auflösen lassen, die in der sie verbindenden geraden Linie anziehend oder abstossend auf einander wirken. Denn hieraus ersieht man leicht, daß ein Stromelement in der Ringebene durch einen Strom im Ringe nicht senkrecht gegen den Ring bewegt werden kann, und umgekehrt, daß eine solche Bewegung des Stromelements keinen Strom im Ringe induciren kann. Die Lebensfrage der unipolaren Induction scheint aber darin zu bestehen, daß eine Induction in dem Augenblicke stattfindet, wo das inducirende Element in der Ringebene sich befindet, weil, wenn in diesem Augenblicke die Induction Null ist, ein Uebergang von positiver zu negativer oder umgekehrt stattfindet. Das Charakteristische der unipolaren Induction besteht aber darin, daß ein solcher Uebergang nie vorkommt. Es scheint hiernach vergeblich zu seyn, eine Erklärung der unipolaren Induction in Ampère's elektrodynamischer Theorie zu suchen, so lange wenigstens, als man bei der Zerlegung galvanischer Ströme in solche Elemente stehen bleibt, die einander in der sie verbindenden geraden Linie anziehen oder abstossen.

Das Vergebliche dieses Bemühens läßt sich noch anschaulicher machen, wenn man das schöne, von Ampère zuerst bewiesene, im Heft 3 der Resultate, S. 51, angeführte Theorem in dieser Beziehung betrachtet, wodurch die magnetischen Wirkungen galvanischer Ströme definirt werden können. Bei diesem Theorem — daß

nämlich an die Stelle eines jeden linearen eine *beliebige* Fläche begrenzenden Stroms eine Vertheilung der magnetischen Flüssigkeiten an beiden Seiten dieser Fläche in unmeßbaren kleinen Distanzen von derselben mit vorgedachter Wirkung substituirt werden kann, — achte man *zuerst* darauf, daß wenn ein linearer in sich zurücklaufender Strom gegeben ist, unendlich viele von ihm begrenzte Flächen gedacht werden können; *zweitens*, daß von der Wirkung des Stroms nur gelten könne, was von den Wirkungen der an allen jenen Flächen vertheilten magnetischen Flüssigkeiten gemeinsam gilt: mit andern Worten, daß bei dieser Stellvertretung aus der Vertheilung der magnetischen Flüssigkeiten an einer von jenen Flächen nichts gefolgert werden darf, was nicht auch aus der Vertheilung an jeder von den andern Flächen folgt. Nun denke man sich die Ebene eines kleinen kreisförmigen Leiters, durch welchen fortdauernd ein galvanischer Strom geht, der, nach Ampères Hypothese, für ein magnetisches Element gesetzt wird, senkrecht auf der Ebene Taf. V, und AB Fig. 7 sey der Durchmesser des Kreises; zu beiden Seiten in unmeßbar kleinen Distanzen von der Kreisebene denke man sich in AaB und $Aa'B$ das nördliche und südliche Fluidum vertheilt, so kann dieser Leiter so bewegt werden, daß der Magnetismus bei a durch den Inductorring geht, während a' immer außerhalb bleibt. Man sieht aber leicht, daß man hierbei aus der Vertheilung der magnetischen Flüssigkeiten an der Kreisebene etwas geschlossen hat, was aus der Vertheilung derselben an irgend einer andern, von dem nämlichen Kreise begrenzten Fläche nicht folgen würde, was folglich von der Wirkung des galvanischen Stroms in jenem Kreise nicht gelten kann.

2) Anwendung auf die Vertheilung des Magnetismus im Innern beharrlicher Magneten.

Alle Wirkungen der Magnete, welche gewöhnlich beobachtet werden, sind Wirkungen im äusseren Raume, aus denen bekanntlich kein bestimmtes Resultat über die Vertheilung des Magnetismus im Innern gezogen werden kann. Es lassen sich vielmehr unzählige Arten der Vertheilung des Magnetismus im Innern angeben, welche alle in Beziehung auf jene Wirkungen identisch sind. Es findet sich sogar eine unter diesen verschiedenen Arten, nach welcher im Innern gar kein Magnetismus, sondern aller an der Oberfläche verbreitet ist. Nur *einen* Versuch gab es, wodurch man etwas über die Verbreitung im Innern erfahren und insbesondere erkannt hat, daß die letztgenannte Vertheilungsart, nämlich an der Oberfläche, in der Natur nicht stattfindet, dieß ist der Versuch, wo man einen Magnet *zerbricht*.

Wir haben aber jetzt in der *unipolaren Induction* Wirkungen eines Magneten kennen gelernt, die er auf die in seinem *Innern* befindlichen elektrischen Fluida ausübt, welche er in strömende Bewegung setzt. Es liegt daher die Anwendung sehr nahe, die man von der unipolaren Induction machen kann, nämlich ohne den Magnet zu zerbrechen, die wahre Vertheilung seines Magnetismus zu untersuchen. Wenn es auch nicht möglich ist, diese Vertheilung dadurch vollständig kennen zu lernen, so ist es doch schon sehr wichtig, darüber nur einige neue Bestimmungen zu erhalten.

Von dem Punkte, wo der Leitungsdraht die cylindrische Oberfläche des Magnets berührt, bis zu dem vom Leitungsdrahte berührten Ende der Drehungsaxe giebt es im Innern des Magnets einen Weg für den galvanischen Strom, wo die Induction am *schwächsten* ist. Dreht man den Cylinder, so ändert sich im Allgemeinen dieser Weg, und beschreibt während einer ganzen Umdre-

hung eine krumme Fläche, die wie ein Querschnitt den Cylinder in zwei Theile theilt. Der in dieser Fläche freie Magnetismus verhält sich zum Mittelwerth des freien Magnetismus in einem beliebigen Querschnitt bei dem zuerst untersuchten Cylinder, nach dem Ergebniss der *dritten* Reihe, wie $7,48 : 16,178$; bei dem zweiten Cylinder, nach dem Ergebniss der *sechsten* Reihe, wie $14,40 : 3627$. Denn der durch den *Wechsel* eines (aus 1 Umwindung bestehenden) Inductors inducirte Strom (welcher bei dem *kürzeren* Magnet, wenn er alle Secunden wiederholt wurde, einen Ausschlag $= 16,178$ Skalentheile, bei dem *längeren* Magnet, $= 36,27$, hervorbrachte) giebt ein Maass des Mittelwerths des freien Magnetismus von allen Querschnitten des Cylinders, während der durch 2 *Umdrehungen* des Cylinders inducirte Strom (welcher bei dem *kürzeren* Magnet, wenn alle Secunden 2 Umdrehungen gemacht wurden, einen Ausschlag $= 7,48$ Skalentheile, bei dem *längeren* $= 14,40$ hervorbrachte, giebt nach dem 6ten Satze, S. 362, ein Maass des Minimums des freien Magnetismus, der in denjenigen krummen Querschnittsflächen enthalten ist, welche von den verschiedenen Wegen des galvanischen Stroms im Cylinder bei dessen Umdrehung beschrieben werden.

Betrachtet man die Resultate der *fünften* oder *siebenten* Versuchsreihe, wo nämlich die Ableitung des Stroms von der Oberfläche des Cylinders nicht in der Mitte, wie bei den übrigen Versuchsreihen, sondern am Ende stattfand, so findet man (worauf schon oben aufmerksam gemacht wurde) fast dasselbe Resultat, sowohl wenn der galvanische Strom die ganze Länge des Cylinders durchlaufen muss, um von der Stelle, wo er eintritt, zu der Stelle, wo er austritt, zu gelangen, als auch, wenn er dabei die Länge des Cylinders nicht zu durchlaufen braucht, — d. h. mit andern Worten, die beiden Minima des freien Magnetismus, der in denjenigen

krummen Querschnittsflächen enthalten ist, welche bei der Drehung des Cylinders von den verschiedenen Wegen beschrieben werden, die der galvanische Strom von der berührten Stelle der Oberfläche entweder nach dem *nahen* oder nach dem *entfernten* Endpunkte der Drehungsaxe einschlägt, sind nahe gleich, woraus man vermuthen kann, daß der galvanische Strom nur bei seinem *Eintritt* und *Austritt* (d. i. hier an den nahe gleich stark magnetisirten Enden des Cylinders) von der Oberfläche zur Drehungsaxe übergeht.

Vergleicht man die Resultate der *fünften* und *siebenten* Reihe mit einander, und beachtet, daß in ersterer der Magnetismus an den Enden (wo der galvanische Strom durchgeht) durch Vorlegung von Magneten sehr verstärkt war, in letzterer aber nicht; so wird der Unterschied, den man findet, nicht auffallen, daß nämlich der gemessene Ausschlag im ersteren Falle fast drei Mal größer als im letzteren ist, oder genau sich verhält wie 58,10 : 21,05. Interessant ist aber zu bemerken, daß das erstere Resultat, nämlich 58,10 dem in der sechsten Versuchsreihe erhaltenen, nämlich 61,70, zwar nahe, aber doch nicht gleich kommt, ungeachtet dort die Enden des Cylinders (wo der galvanische Strom durchging) durch Vorlegung von Magneten verstärkt worden war, — ein Beweis, daß diese Verstärkung weit entfernt ist, den Magnetismus jener Enden dem Magnetismus der *Mitte* gleich zu machen, von der in der sechsten Versuchsreihe der galvanische Strom abgeleitet wurde.

Die weitere Ausführung dieser Anwendung muß einer künftigen Gelegenheit vorbehalten werden.

3) Anwendung auf die Vertheilung des Magnetismus im weichen Eisen.

Besondere Schwierigkeit hat bisher die Untersuchung der Vertheilung des Magnetismus im weichen Eisen gefunden. Das Eisen nimmt nämlich einen stärkeren Magnetismus an, wenn es in der Mitte eines Magneten liegt, als wenn es an den Enden liegt. Die Schwierigkeit besteht darin, den Magnetismus an den Enden zu verstärken, so daß er dem in der Mitte gleich wird. Dies ist bisher nicht gelungen, und man ist gezwungen, sich mit dem Resultat zu begnügen, daß der Magnetismus in der Mitte stärker ist, als an den Enden.

netismus nur an, wenn es einen Magnet berührt oder wenigstens ihm sehr genähert wird, wo es aber an Mitteln fehlt, die Wirkungen, welche vom Eisen ausgehen von den Wirkungen zu scheiden, die unmittelbar vom Magnet herrühren, um so mehr, da letztere nicht als constant betrachtet werden dürfen, weil der Magnet durch Rückwirkung des Eisens eine Aenderung erleidet. Ein solches Mittel giebt nun die unipolare Induction. Denn wenn man den Magnet ruhen läßt und bloß das Eisen dreht, so erhält man eine bloß vom Eisenmagnetismus herrührende Induction, und umgekehrt, wenn man das Eisen ruhen läßt, und bloß den Magnet dreht, so erhält man eine bloß vom Magnet herrührende Induction. Endlich, wenn man auch beide zusammen sich drehen läßt, so kann man doch den Magnetismus in demjenigen Querschnitt des Eisens, wo er am schwächsten ist (an dem vom Magnet abgewendeten Ende) erfahren.

Zum Schluß dieser Abhandlung mögen einige Worte zur Erklärung der von Ampère zuerst entdeckten Erscheinung, von welcher in der Einleitung die Rede gewesen, beigelegt werden. Es ist bekannt, daß fast allen magneto-elektrischen Versuchen elektro-magnetische Gegenversuche entsprechen. Die so eben untersuchte Erscheinung der unipolaren Induction gehört dem Bereich der magneto-elektrischen Versuche an, dagegen die in der Einleitung besprochene von Ampère entdeckte Erscheinung gehört dem Bereich der elektro-magnetischen Versuche an, und zwar ergiebt die genauere Prüfung, daß diese als der Gegenversuch von jener betrachtet werden müsse, und daher ganz auf die nämliche Weise zu erklären sey, so daß auch der Gegenversuch als Beweis für die Existenz und physische Sonderung der magnetischen Fluida angeführt werden kann. Nach der bekannten Umkehrung, wonach die Inductionsgesetze aus den

elektro-magnetischen abgeleitet werden, lassen sich obige Betrachtungen auf diesen Gegenversuch leicht anwenden, und es scheint überflüssig dieß hier weiter auszuführen.

II. *Experimenteller Beweis, daß ein elektrodynamischer Schraubendraht noch kein Magnet ist.*

Nicht selten findet man jetzt noch die Ansicht ausgesprochen, daß ein vom elektrischen Strom durchlaufener schraubenförmiger Draht einen Magnet darstelle, aus dem Grunde, weil er an seinen Enden die bekannten magnetischen Erscheinungen zeigt, und sich, bei hinreichender Beweglichkeit, in den magnetischen Meridian stellt. Daß aber dennoch, freilich auch nach der späteren Berichtigung der Ampère'schen Theorie, zwischen beiden ein wesentlicher Unterschied stattfindet, mag folgender Versuch augenscheinlich machen, den ich vor längerer Zeit in der naturforschenden Gesellschaft hieselbst vorzeigte.

Man verschaffe sich einen hohlen Magnetstab (der meinige war 3 Zoll lang und inwendig 2,5 Lin. weit), füttere ihn mit einer Glasröhre aus und halte ihn senkrecht, z. B. mit dem Nordpol nach oben. Nun schiebe man vorsichtig eine leichte magnetisirte Nähnadel von etwa 9 Lin. Länge mit ihrem Südpol von oben hinein. Sie wird nicht durchfallen, sondern gleich Mahomed's Sarg in der Luft schweben bleiben, zum Theil aus dem Magnet hervorragend. Man kann sie sogar eine Strecke hinunterdrücken; und sie steigt, nach Aufhebung des Drucks, wieder in die Höhe. Bei jenem Schraubendraht begiebt sich aber die Nadel sogleich in die Mitte, und bleibt dort schweben, wenn der Strom stark genug ist. Der Grund dieser Verschiedenheit ist klar, bisher aber wohl nicht so anschaulich gemacht.

P.

III. *Ueber die elektrische Zersetzung des Wassers mittelst einfacher Zinkkupferketten.*
von F. C. Henrici.

In einer sehr schätzbaren, in diesen Annalen (Bd. XXXIX S. 461) enthaltenen Abhandlung hat Hr. Pfaff die interessante Beobachtung einer *sichtbaren* Wasserzersetzung mittelst einer einfachen Zinkkupferkette mitgetheilt. Da die Erklärung, welche der vielerfabrene Pkysiker von dieser Erscheinung giebt, mit meinen Erfahrungen über die relative Stärke der elektrischen Contactwirkungen nicht verträglich ist, so habe ich nicht unterlassen können den fraglichen Gegenstand einer experimentellen Untersuchung zu unterwerfen, und erlaube mir jetzt die Ergebnisse derselben hier vorzulegen.

In Hrn. Pfaff's Versuchen waren die Zinkplatte und die Kupferplatte der Kette, beide 8 Zoll im Durchmesser haltend, durch eine mit Kupferdrähten versehene Gasentbindungsröhre leitend mit einander verbunden. In diesem Systeme fand nun, wie Hr. P. ganz richtig erörtert, eine dreifache elektromotorische Action statt, nämlich eine an der Berührungsfläche des Kupferdrahts mit der Zinkplatte, eine zweite zwischen der Zinkplatte und dem flüssigen Leiter der Kette (diluirte Schwefelsäure), und eine dritte zwischen diesem und der Kupferplatte. Alle drei Wirkungen waren anfangs in gleichen Richtungen thätig, eine Erscheinung, deren nächste Ursache ich an einem andern Orte ¹⁾ ausführlicher auseinander gesetzt habe. Hr. P. leitet nun die in der Gasentbindungsröhre erfolgende sichtbare Wasserzersetzung im Wesentlichen von den beiden zuletzt genannten elektrischen Actionen her, und nennt die erstere im vorliegenden Falle

1) In meiner Schrift: „Ueber die Elektrizität d. galv. Kette,“ S. 119.

eine untergeordnete und unbedeutende, aus dem Grunde, weil die Polardrähte mit der Flüssigkeit in der Röhre sich nur in sehr kleinen Flächen in Berührung befanden, der aus der Berührung der beiden Metallplatten mit der sauren Flüssigkeit entspringende Strom aber, ungeachtet einer geringen Intensität, durch seine aus der grossen Ausdehnung der genannten Berührungsflächen hervorgehende Quantität sehr in Betracht komme.

Diese Argumentation kann jedoch aus folgenden Gründen nicht wohl für richtig gehalten werden:

- 1) Die Kleinheit der Berührungsfläche zwischen den Kupferdrähten in der Zersetzungsröhre und dem zu zersetzenden gesäuerten Wasser übt ihren Einfluss, nämlich die Verursachung eines bedeutenden Leitungswiderstandes, auf alle elektromotorischen Wirkungen gleichmäfsig aus, nicht minder auf die aus der Berührung der heterogenen Metallplatten mit der Flüssigkeit, als auf die aus der Berührung der heterogenen Metalle unter sich entspringenden.
- 2) In einem und demselben Leitungssysteme ist die Intensität der elektrischen Strömung ihrer Gröfse (oder Quantität) proportional und nur von den darin vorhandenen Leitungswiderständen abhängig. Es kommt also in dieser Beziehung nicht sowohl auf die Gröfse der Berührungsflächen, als vielmehr auf den Querschnitt, die Leitfähigkeit und die Länge des Leitungsbogens an. Einen besonders grossen Widerstand bietet bekanntlich immer ein eingeschalteter Zersetzungsapparat dar. Im vorliegenden Falle kommt daher vorzüglich die Intensität der elektromotorischen Action in Betracht, und diese ist weit überwiegend bei der Berührung zwischen dem Zink und dem Kupfer ¹⁾).

- 3) Es ist erwiesen, dafs die in einer geschlossenen wirksamen galvanischen Kette erfolgende Zersetzung

1) S. meine Schrift, S. 61 etc.

der im Leitungsbogen befindlichen Flüssigkeiten secundäre, dem primären entgegengesetzte elektrische Ströme verursacht, welche ihre Entstehung der Anlagerung der durch den letzteren von einander getrennten Bestandtheile der Flüssigkeiten an den diese begrenzenden Metallflächen verdanken. Eine unmittelbare Berührung der letzteren mit dem unzersetzten Theile des flüssigen Leiters findet daher in einer geschlossenen Zinkkupferkette nicht mehr statt, und kann also auch keine elektromotorische Wirkung ausüben. Die desungeachtet darin in der ursprünglichen Richtung vorhandene elektrische Strömung muß demnach eine andere Ursache haben, und diese kann im vorliegenden Falle nur die unmittelbare oder mittelbare *metallische* Berührung zwischen Kupfer und Zink seyn.

Wenn diesem so ist, so fragt sich, was kann die Ursache der von Hrn. P. beobachteten und gar nicht unbedeutend zu nennenden Wasserzersetzung gewesen seyn? Da dieselbe bekanntlich bei der Anwendung von Platindrähten im Zersetzungsapparate einer einfachen Zinkkupferkette nicht erfolgt, so bleibt nichts Anderes übrig, als ihre Ursache in den von Hrn. P. gebrauchten Kupferdrähten zu suchen, und es mußte mir daher wahrscheinlich werden, daß eine sichtbare Wasserzersetzung auch mit Drähten von andern Metallen zu bewirken seyn möchte; dieses hat sich nun eben als ein unzweifelhaftes Resultat aus meinen Versuchen ergeben ¹⁾.

Der Zersetzungsapparat, dessen ich mich zu denselben bedient habe, besteht aus einem oben durch einen Pfropfen geschlossenen Cylinderglase *A* (Taf. V Fig. 8), in welchem die Mefsröhre *B* bis ungefähr zur Mitte hin-

1) Der Hr. Verfasser erlaube mir die Bemerkung, daß dieses Resultat im Allgemeinen auch nicht unbekannt ist. P.

abreicht. Bei a und a' ist dasselbe durchbohrt, und an diesen Stellen sind außen die Korkstückchen b und b' befestigt, durch welche die Zersetzungsdrähte c und c' beliebig weit in die Flüssigkeit eingeschoben werden können. In meinen Versuchen waren die Drähte auf eine Länge von 13 Millimeter mit dem durch Schwefelsäure schwach gesäuerten Wasser in Berührung, und ihre Enden standen 3 Millimeter von einander ab. Das Wasserstoffgas wurde stets an dem mit dem 18 bis 20 Centimeter langen Zinkcylinder der Kette leitend verbundenen Draht c' entwickelt, während der Draht c mit dem 180 Centim. hohen und 90 Centim. weiten cylindrischen Kupfergefäße der Kette in metallischer Verbindung stand. Der innere Raum dieses letzteren war durch einen hohlen Holzcylinder mit dünnen Wänden in zwei Zellen getheilt, von denen die innere mit schwefelsaurem Wasser, die äußere mit einer ziemlich gesättigten Kupfervitriollösung gefüllt war. Alle angewandten Zersetzungsdrähte waren 0,8 Millimeter dick.

Hinsichtlich dieser Drähte ist nun Folgendes zu bemerken. Wenn dieselben von Kupfer oder von Zink sind, so wird durch ihre Verbindung mit dem Kupfer und dem Zink der Kette offenbar nur eine einzige elektrische Erregung veranlaßt; bestehen dieselben aber aus andern Metallen, so finden zwei Berührungen heterogener Metalle und damit zwei elektrische Erregungen statt, deren Wirkungen jedoch in allen Fällen der Wirkung einer einfachen Berührung von Kupfer und Zink gleichkommen, indem diese beiden Wirkungen, wenn das Metall der Drähte in der Spannungsreihe zwischen dem Kupfer und Zink steht, gleiche Richtungen haben und sich daher summiren, dagegen, wenn das fragliche Metall unter dem Kupfer steht, einander entgegengesetzt sind und sich daher schwächen, woraus in beiden Fällen eine der Berührungswirkung von Kupfer und Zink gleichkommende Wirkung hervorgeht.

Meine Versuche haben nun die folgenden Ergebnisse geliefert:

Zersetzungsdrähte von:	Gasmengen Cub. Centim.	Zeitdauer Minuten.	Berechn. Gasmengen in 60 Min. Cub. Ctm.
Platin	0	—	0
Silber ¹⁾	0,2	45	0,3
Kupfer	1	5	12
Messing	2	7	19
Stahl (geglüht) ²⁾	2	3,5	34
Zinn	1,8	3	36
Zink	1,8 ³⁾	1,5	72

Aus diesen Zahlen ergibt sich, auch wenn man ihnen wegen der mit allen solchen Zersetzungsversuchen verknüpften minderen Genauigkeit nur eine annähernde Richtigkeit zugestehen will, und unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Ableitungsdrähte in den vorliegenden Versuchen eine durchaus passive Rolle gespielt haben, das sehr bemerkenswerthe Resultat, *daß die an den Ableitungsdrähten entwickelten Gasmengen mit der Oxydabilität der Zuleitungsdrähte zugenommen haben.* Bei der Wichtigkeit, welche dieses Resultat für die Lehre vom Uebergangswiderstand zu haben schien, habe ich versucht dasselbe noch auf eine andere Weise zur Anschauung zu bringen, und zu dem Zwecke Zersetzungsdrähte von solchen *heterogenen* Metallen angewandt, die in der Spannungsreihe einander sehr nahe stehen, und daher die Elektrizitätsbewegung in der Kette nicht merk-

- 1) Am Zuleitungsdrahte zeigten sich wenige sehr zarte Sauerstoffbläschen und eine langsame Oxydation derselben.
- 2) Die chemische Wasserzersetzung lieferte keine meßbare Gasmenge.
- 3) Durch die Wirkung der Kette wurde die chemische Wasserzersetzung am Zuleitungsdrahte so gut wie ganz aufgehoben. Da dieses mithin auch am Ableitungsdrahte der Fall seyn mußte, so habe ich die daselbst entwickelte Gasmenge unvermindert aufgeführt.

lich abändern konnten. Mit denselben habe ich folgende Resultate erhalten:

Zuleitungs- drähte von:	Ableitungs- drähte von:	Gasmenge Cub. Cent.	Zeit- dauer Minut.	Gasmenge in 60 Min. Cub. Ctm.
{ Silber	Kupfer	unmefsbar wenig	—	—
{ Kupfer	Silber	1	5	12
{ Platin	Kupfer	0	—	0
{ Kupfer	Platin	2	9	13,3
{ Platin	Silber	0	—	0
{ Silber	Platin	0,5	28	1

Aus diesen Daten folgt, wie man sieht, das bereits angegebene Resultat mit gleicher Evidenz, als aus den vorigen, und es kann demnach als unzweifelhaft angesehen werden, daß das Hindernifs, welches elektrische Ströme beim Uebergange aus Metalldrähten in mit Schwefelsäure versetztes Wasser antreffen, mit der Oxydabilität dieser Drähte abnimmt. Da ich begierig war die Stromgrößen unter den verschiedenen Umständen genauer kennen zu lernen, als sie sich aus den beobachteten Gasmengen ergeben, so habe ich eine Reihe von Messungen mit Hülfe einer Sinusbussole unternommen, und auf diesem Wege die folgenden Resultate erhalten:

Zersetzungsdrähte von:	Ablenkungen.	Relative Stromgrößen ¹⁾ .
Platin	0° 1' ²⁾	0,00029
Silber	0 6	0,00175
Kupfer	0 8	0,00233
Messing	0 18	0,00524
Stahl	8 26	0,14666
Zinn	9 11	0,15959
Zink	28 17	0,47639.

1) Nämlich die Sinus der Ablenkungswinkel.

2) Diese Zahl möchte ich gerade nicht verbürgen; gewifs ist jedoch, daß sie nicht zu klein, sondern eher noch zu groß ist. Eine geringe Ablenkung fand übrigens wirklich statt.

Mit Hülfe dieser Zahlen lassen sich die Widerstände berechnen, welche dem Zersetzungsapparate in den einzelnen Versuchen, je nach der Beschaffenheit der angewandten Zersetzungsdrähte, eigen gewesen sind. Aus der bekannten Formel:

$$Q = \frac{A}{R+r},$$

in welcher im vorliegenden Falle R den Widerstand der Kette mit Inbegriff aller unveränderlichen Leitungstücke, r aber den veränderlichen Widerstand des Zersetzungsapparates bezeichnet, ergibt sich nämlich:

$$r = \frac{A}{Q} - R,$$

Vorläufige Versuche haben mir für R , ausgedrückt in einer Länge von 1 Millim. dickem Kupferdraht, einen Werth von 27,0 Meter geliefert ¹⁾, und daraus folgt $A=113,4$. Jene Formel wird daher durch Einführung dieser Zahlen zu:

$$r = \frac{113,4}{Q} - 27,$$

und hieraus ergeben sich sodann folgende, ebenfalls in Längen von 1 Millim. dickem Kupferdraht ausgedrückte Widerstände des Zersetzungsapparates bei Anwendung der verschiedenen Drahtgattungen:

Zersetzungsdrähte von	Widerstände des Zersetzungsapparats	
	absolut in Met.	bezogen auf Zinkdrähte.
Zink	211	1
Zinn	683	3,24
Stahl	746	3,54
Messing	21614	102
Kupfer	48642	231
Silber	64773	307
Platin	391007	1853

1) Ich erhielt nämlich, bei Einschaltung zweier 0,32 Millim. dicker Kupferdrähte von 11,0 und 17,3 Meter Länge in den Bogen der Kette anstatt des Zersetzungsapparates, Ablenkungen von $57^{\circ} 16'$ und $35^{\circ} 22'$, woraus $R=27$ M. folgt.

Diese Thatsachen sind ohne Zweifel sehr merkwürdig. Da der Zersetzungsapparat unter den verschiedenen Umständen keine andere Veränderung als einen Wechsel seiner Leitdrähte erlitten hat, und da die Verschiedenheit des Leitvermögens der letzteren wegen ihrer geringen Länge, welche nicht über 8 Centimeter betrug, gar nicht in Betracht kommen kann, so bleibt als nächste Hauptursache der aus der obigen Zusammenstellung hervorleuchtenden sonderbaren Verschiedenheit unter den Wirkungen der verschiedenen Drahtgattungen nur eine Verschiedenheit des Elektrizitätsüberganges aus den verschiedenen Zuleitungsdrähten in das gesäuerte Wasser übrig. Was kann nun aber bei den verschiedenen Drähten eine solche räthselhafte Verschiedenheit dieser Art begründen, in deren Folge der mit Platindrähten versehene Zersetzungsapparat einen mehr als 1800 Mal größeren Uebergangswiderstand dargeboten hat, als derselbe Apparat unter Anwendung von Zinkdrähten von gleicher Länge und Dicke? Da es nicht zweifelhaft seyn kann, daß der innere Vorgang an den Oberflächen aller angewandten Leitungsdrähte in den Augenblicken der Ketenschließung der nämliche gewesen ist, daß, mit andern Worten, daselbst in allen Fällen eine Wasserzersetzung begonnen hat, so begreift sich, daß mit der Zunahme der Oxydabilität der Metalle die Absorption des frei werdenden Sauerstoffs, d. h. die Oxydation der Zuleitungsdrähte, und damit auch die an den Ableitungsdrähten frei werdende Wasserstoffmenge gleichmäßig zunehmen mußte, wie es in meinen Versuchen dann auch in der That der Fall war. Am Platindrahte fand nun eine Absorption von Sauerstoff entweder gar nicht oder doch nur in äußerst geringer Menge statt; und da dieses Metall noch dazu die Fähigkeit, die Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff sogar dann, wenn diese sich in einem völlig entwickelten gasförmigen Zustande befinden, zu ermitteln, in einem sehr eminenten Grade be-

sitzt, so wird es begreiflich, warum das Platin, als Zuleiter in einem Zersetzungsapparate gebraucht, eine bleibende Trennung der im Wasser verbundenen Wasserstoff- und Sauerstoff-Atome nur in sehr unbedeutendem Maasse zulässt (wenn nämlich der wirksame elektrische Strom nur von geringerer Gröfse ist, wie bei einer einfachen Kette), während bei den übrigen von mir angewandten Metallen die auch ihnen unzweifelhaft zukommende Wasserbildungsfähigkeit theils an sich schwächer als beim Platin ist, theils durch ihre Oxydation, und zwar im Verhältnifs zu dieser, überwogen wird.

Es führen also auch meine Versuche, übereinstimmend mit Faraday's ausgebreiteten Erfahrungen, zu der Annahme, dafs eine Durchleitung elektrischer Ströme durch Flüssigkeiten nur dann stattfindet, wenn diese dadurch zersetzt werden. Aber aus meinen Versuchen folgt zugleich mit Evidenz, dafs dabei die Natur des zuleitenden Metalls den bedeutendsten Einfluss ausübt; und es fragt sich daher, ob nicht 1) in den wenigen von Faraday angegebenen Flüssigkeiten, welche den elektrischen Strom, ohne zersetzt zu werden, zu leiten vermögen sollen, eine dennoch dabei stattfindende, wenn auch schwache elektrische Zersetzung durch Anwendung oxydabler oder überhaupt chemisch angreifbarer Metalle als Zuleiter beträchtlich sollte beschleunigt und auf diese Weise deutlich wahrnehmbar gemacht werden können ¹⁾

- 1) Ich erinnere hier zugleich noch an ein anderes sehr empfindliches Prüfmittel für elektrische Flüssigkeitszersetzungen, nämlich an die Entwicklung einer (sogenannten) Polarität an den die Flüssigkeit begränzenden Metallflächen. Ich kann bei dieser Gelegenheit die Bemerkung nicht unterdrücken, dafs mir die Frage, ob eine Durchleitung sehr schwacher elektrischer Ströme durch Flüssigkeiten ohne eine Zersetzung derselben möglich sey, den Fragen, ob sehr schwache Wärmestrahlen und Lichtstrahlen in Körper eindringen können, ohne in denselben Wärme und Phosphorescenz zu entwickeln (dieses in äufserster Strenge genommen), ganz analog zu seyn scheint. Alle diese Fragen lösen sich am Ende in die allgemeinere auf: Uebt durchaus jede Aether-

(in welchem Falle auch der elektrische Strom gleichzeitig an Gröfse würde zunehmen müssen), und ob nicht auch 2) durch dasselbe Mittel bei manchen von Faraday als Nichtleiter bezeichneten Flüssigkeiten ein geringeres Leitvermögen zu erkennen seyn sollte? Ueberhaupt stellt sich das elektrische Leitvermögen der Flüssigkeiten oder, genauer gesprochen, vielmehr ihr Vermögen, elektrische Ströme aufzunehmen, nach dem Vorigen als etwas sehr Bedingtes dar. Es öffnet sich hier dem Versuche ein Feld, welches gewifs eifrig bearbeitet zu werden verdient. Ich selbst habe in dieser Beziehung einen vergleichenden Versuch mit concentrirter Kochsalzlösung gemacht und den Widerstand des damit gefüllten Zersetzungapparates bei Anwendung von Zinkdrähten mehr als 3100 Meter groß gefunden, was dem Funfzehnfachen des dem gesäuerten Wasser mit Anwendung gleicher Leitdrähte zukommenden Widerstandes gleichkommt. Die Wasserzersetzung war dabei sehr unbedeutend, trat aber selbst an eingesetzten Kupferdrähten sogleich deutlich ein, als der Lösung ein wenig Schwefelsäure zugesetzt wurde, obgleich die Wirkung der Kette schon sehr abgenommen hatte.

Bei den mit der Bussole ausgeführten Messungen habe ich deutlich wahrgenommen, dafs die Ablenkungen der Nadel nicht im Augenblick der Kettenschließung am größten waren, sondern allmählig, aber doch ziemlich rasch, bis zu einem Maximum stiegen und bald darauf wieder zu sinken anfangen; letzteres ohne Zweifel deshalb; weil die zunehmende Dicke der Oxydschicht am

bewegung materielle Wirkungen aus, oder giebt es für diese eine von der Intensität der Aetherbewegung abhängige Gränze? In aller Strenge können offenbar Versuche keine Antwort auf diese Fragen geben. Dafs aber auch äußerst schwache elektrische Ströme noch materielle (chemische) Wirkungen auszuüben vermögen, zeigt die durch dieselben hervorzurufende elektrische Polarität an den eine leitende Flüssigkeit begrenzenden starren Leitern unwidersprechlich.

Zuleitungsdrähte der fortschreitenden Oxydation desselben und damit der Fortbewegung der Elektrizität ein wachsendes Hinderniß entgegenstellte. Man wird daher durch Vergrößerung der zuleitenden Metallfläche eine länger dauernde Wirkung erhalten und dadurch auch ihre Stärke beträchtlich steigern können, indem durch eine solche Vergrößerung der metallischen Begränzungsflächen des flüssigen Leiters zugleich der mittlere Querschnitt des wirksamen Theils des letzteren vergrößert wird. Eben dieses ist auch bereits durch frühere Versuche von Fechner und neuere von Lenz erwiesen worden, aus welchen nicht minder auch eine mit der Zunahme der chemischen Action am zuleitenden Metalle verknüpfte Abnahme des in Rede stehenden Widerstandes unzweifelhaft hervorgeht.

Von dem im Vorigen erörterten, vom zuleitenden Metalle ausgeübten Uebergangswiderstande ist wohl zu unterscheiden der andere, vorzugsweise an der ableitenden Metallfläche stattfindende Uebergangswiderstand, über welchen ich an einem andern Orte ¹⁾ ausführlicher geredet habe. Zwar zweifle ich nach den im Vorigen besprochenen Thatsachen nicht daran, daß dieser im Allgemeinen gegen jenen in seiner GröÙe beträchtlich zurückstehen werde; aber die a. a. O. beleuchteten, und besonders auch die von Hrn. Poggendorff neustens ²⁾ mitgetheilten Thatsachen lassen doch keinen Zweifel an seiner Existenz zu. Beide müssen offenbar aus ganz verschiedenen Ursachen entspringen; bei dem am zuleitenden Metalle vorhandenen entsteht die theilweise Vernichtung der elektrischen Bewegung aus dem eigenthümlichen Verhalten der dasselbe begränzenden Flüssigkeitatome, wogegen der am ableitenden Metalle vorhandene Widerstand, wie ich glaube, von einer wirklichen Schwierig-

1) In meiner bereits angeführten Schrift. S. 159.

2) Diese Annalen, Bd. L S. 255.

keit des Ueberganges der elektrischen Bewegung aus einer Flüssigkeit in einen starren Leiter hergeleitet werden muß, welche Schwierigkeit übrigens auch, nur in einem ausnehmend geringeren Grade, beim Uebergange der elektrischen Bewegung aus einem starren in einen flüssigen Leiter stattfinden wird, und deren eigentliche Beschaffenheit, meinen Ansichten zufolge, in einer Reflection der elektrischen Bewegung an den Gränzflächen irgend welcher heterogener leitender Mittel zu suchen ist. Wenn, wie es scheint, auch dieser Uebergangswiderstand unter dem Einfluß der chemischen Beziehung des flüssigen Leiters zu den angränzenden Metallen (namentlich dem ableitenden) steht, so kann, glaube ich, die Ursache davon nur in der eben damit zusammenhängenden größeren oder geringeren Innigkeit des Contacts zwischen starren Körpern und Flüssigkeiten liegen. Die chemische Action an sich kann wohl keinen günstigen Einfluß in der fraglichen Beziehung ausüben; vielmehr muß sie in sofern sogar als hinderlich angesehen werden, als dadurch die ableitende Metallfläche mit weniger gut leitenden Stoffen belegt wird ¹⁾).

Mit beiden Uebergangswiderständen vermischt sich leider, wohl in allen Fällen, diejenige Schwächung der Kettenwirkung, welche aus der immer eintretenden Po-

- 1) Ich erlaube mir noch die Bemerkung, daß nicht alle von Herrn Poggendorff (a. a. O. S. 261) angeführten Thatsachen bloß auf den fraglichen Uebergangswiderstand zu beziehen sind. Namentlich ist die durch die Benetzung eines ableitenden Platinstreifens mit Salpetersäure zu bewirkende Stromverstärkung größtentheils unstrittig der zwischen beiden Körpern stattfindenden, nicht unbeträchtlichen elektromotorischen Action, welcher zufolge das Platin positiv elektrisch, also für den Strom der Kette günstig, erregt wird; zuzuschreiben, wenngleich auch der in Rede stehende Uebergangswiderstand dadurch vermindert werden muß, da die Salpetersäure und eben so auch viele andere stark wirkende Flüssigkeiten (z. B. Schwefelsäure und Aetzkalklösung) sich an starre Flächen, auch an von ihnen nicht chemisch angegriffene, ungemein dicht anlegen.

larisirung der mit dem flüssigen Leiter in Berührung stehenden Metallflächen (wenigstens der ableitenden) entspringt, und welche auch in meinen Versuchen einigen Einfluss ausgeübt haben wird, in sofern nämlich die Intensität der elektrischen Erregung der Metalle durch den Wasserstoff, von dem Stande derselben in der Spannungsreihe abhängig, — beim Platin am größten, beim Zink am schwächsten und bei den übrigen von mir angewandten Metallen von einer dazwischenfallenden Stärke, ist. Ich zweifle jedoch, dass die Unterschiede in dieser Wirkung einen irgend beträchtlichen Einfluss auf die erhaltenen Resultate gehabt haben mögen, welcher übrigens, nach dem so eben Angegebenen, in gleichem Sinne wie die Oxydabilität von einem Metalle zum andern zugenommen haben muss, weil dadurch in eben diesem Sinne die Stromgrößen zugenommen haben müssen. Man wird auch annehmen dürfen, dass diese Unterschiede in den stattgehabten Polarisationswirkungen einigermaßen compensirt worden seyen durch das in entgegengesetzter Richtung zunehmende und abnehmende (mehr mechanische) Leitungshinderniss, welches sowohl die Oxydschicht am Zuleitungsdrahte, als auch die Wasserstoffentwicklung am Ableitungsdrahte hervorgebracht haben müssen, indem dadurch die Continuität des flüssigen Leiters mehr und weniger unterbrochen, und die Zahl der Berührungspunkte desselben mit den beiden Drähten mehr und weniger vermindert worden ist. Man ersieht aus solchen Betrachtungen, wie mannichfaltig die Wirkungen sind, die in allen geschlossenen galvanischen Bogen, welche flüssige Leiter als Glieder enthalten, vorhanden sind.

Aus meinen Versuchen ist nicht zu ermitteln, welchen Antheil an den beobachteten Widerständen der Leitungswiderstand des flüssigen Leiters gehabt hat. Da indessen auch selbst bei den Zinkdrähten der Uebergangswiderstand, besonders aber der am Zuleitungsdrahte vorhandene, a priori nicht geradezu als unbedeutend an-

genommen werden kann, indem die Anwendung noch leichter oxydabler Metalle ohne Zweifel eine noch größere Verminderung desselben zur Folge gehabt haben würde, so wird man den Leitungswiderstand der Flüssigkeiten vielleicht in den meisten Fällen als geringfügig im Vergleich zu dem in Rede stehenden Uebergangswiderstande betrachten dürfen; auch wird man zur Ermittlung desselben andere Wege, als die bisher betretenen, einschlagen müssen, und die bisherigen Angaben über das Leitvermögen der Flüssigkeiten können daher nicht für richtig gehalten werden.

Wie einflussreich übrigens auch das chemische Verhalten der zuleitenden Metallfläche auf den Strom der Kette ist, so darf man darin doch keineswegs eine Beziehung zu den Richtungen suchen, welchen die durch den elektrischen Strom von einander getrennten Bestandtheile aller flüssigen Leiter folgen, und welche Richtungen (wie sich aus der Anwendung kräftigerer Ströme mit Elektroden von Platin längst ergeben hat) einem festbestimmten allgemeinen Gesetze unterworfen sind, dessen einfachster Ausdruck mir der zu seyn scheint, *dass am zuleitenden Metalle stets der acidere, am ableitenden der basischere von den beiden getrennten Bestandtheilen des flüssigen Leiters ausgeschieden werde*. Der innere Grund dieses bedeutungsvollen Gesetzes ist bis jetzt, ungeachtet vielfacher, von mehreren ausgezeichneten Physikern darauf verwandten Bemühungen, völlig unbekannt. Ich selbst bin zwar kürzlich durch fortgesetztes Nachdenken zu Vorstellungen gelangt, welche über diesen schwierigen Gegenstand ein unerwartetes Licht zu verbreiten scheinen, trage jedoch Bedenken, dieselben, da sie noch zu neu und, begreiflich, ganz hypothetischer Natur sind, schon jetzt öffentlich auszusprechen.

Schliesslich will ich noch einen Blick auf den Zinkcylinder der Kette werfen. Die Oberfläche desselben befand sich offenbar unter gleichen Umständen, wie die Ober-

Oberfläche der Zuleitungsdrähte im Zersetzungsapparate, in sofern aus beiden der Uebergang der elektrischen Bewegung in die von ihnen begränzte Flüssigkeit stattfand. Die Oxydation des zuleitenden Zinkdrahts erfolgte sehr rasch und mit dem bemerkenswerthen Umstande, daß an demselben die chemische Wasserzersetzung so gut wie ganz aufhörte. Da nun der elektrische Strom einer jeden galvanischen Kette in allen Querschnitten des geschlossenen Leitungsbogens genau dieselbe GröÙe ¹⁾ besitzt, so muß eben diese Gleichheit der StromgröÙe auch an den beiden in Rede stehenden Zinkflächen stattgefunden haben; es müssen daher an beiden Oberflächen vollkommen gleiche Mengen von Wasser *elektrisch* zersetzt worden, und mithin muß *die aus der elektrischen Action entspringende* Oxydation der Oberfläche des Zinkcylinders fast unendlich gering im Vergleich zu der des zuleitenden Zinkdrahts (wie auch der übrigen Zuleitungsdrähte) gewesen seyn. Hieraus ergibt sich mit Evidenz, daß die durch das Zink in fast allen wäßrigen Flüssigkeiten bewirkte *chemische* Wasserzersetzung, weit entfernt, die Quelle der elektrischen Strömung in irgend einer; aus heterogenen Metallen gebildeten galvanischen Kette zu seyn, vielmehr als das größte Hinderniß für die ökonomische Herstellung kräftig und constant wirkender galvanischer Apparate angesehen werden muß; und man kann daher als Ziel aller auf diesen Gegenstand gerichteten Bestrebungen Folgendes aufstellen: entweder 1) eine gutleitende und durch das Zink keine chemische Zersetzung erleidende Flüssigkeit aufzusuchen; oder 2) dem Zink auf irgend eine, seine elektromotorische Kraft nicht vermindemde Weise sein Wasserzerseßungsvermögen zu nehmen, was, wie es scheint, durch eine Amalgamation seiner Oberfläche nur unvollkommen bewirkt wird; oder endlich 3) für das Zink ein anderes,

1) Die *Intensität* desselben steht dagegen bekanntlich zu der GröÙe der Querschnitte im umgekehrten Verhältnisse.

mindestens gleich positives und mit dem Wasserzersetzungsvermögen entweder gar nicht oder doch nicht in höherem Grade begabtes Metall in Anwendung zu bringen. In allen Fällen hat man indessen einen flüssigen Leiter zu wählen, welcher das elektrisch gebildete Oxyd rasch fortzuschaffen vermag.

Z u s ä t z e.

I. Wenn Unterschiede in der Gröfse der Berührungsflächen heterogener Körper überhaupt elektrische Ströme zu erzeugen vermöchten, so müfste es auch wirksame zweigliedrige elektrische Ketten geben. Ueber die gänzliche Wirkungslosigkeit aller, namentlich auch der aus einem Metalle und einer Flüssigkeit bestehenden wahrhaft zweigliedrigen Ketten aber, d. h. solcher, in denen zwischen den beiden Berührungsstellen des Metalls mit dem flüssigen Leiter kein anderer Unterschied, als ein Unterschied in den Gröfsen der Berührungsflächen stattfindet, habe ich mich in meiner mehrerwähnten Schrift (S. 122) bereits ausführlich ausgesprochen. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes habe ich indessen auch mit den im Vorigen angegebenen Hilfsmitteln einige darauf bezügliche Versuche angestellt, und zu dem Zwecke in dem Zersetzungsapparate einen Kupferdraht und einen Zinkdraht, beide mit den gleichnamigen Metallen der Kette verbunden, angewandt, so dafs hier zwei zweigliedrige Ketten, eine von Zink und eine von Kupfer, gebildet waren, deren Wirkungen sich, wegen der Richtung in den stattfindenden elektrischen Erregungen, hätten summiren müssen. Das Resultat von vier verschiedenen Versuchen war aber, dafs der Zinkdraht in dem Zersetzungsapparate, im offenen und im geschlossenen Zustande des Leitungsbogens, völlig gleiche Mengen Gas in gleichen Zeiten lieferte, nämlich 12 Kubikcentimeter in beziehungsweise $17\frac{1}{4}$ und $17\frac{1}{6}$ Minuten.

II. Da die Sinusbussole bei galvanometrischen Versuchen künftig häufiger in Anwendung kommen dürfte, so wird es nicht unzweckmäfsig seyn, über diesen schätzbaren Apparat hier noch einige Bemerkungen mitzutheilen.

Zuvörderst leuchtet von selbst ein, dafs eine concentrische Anbringung des auf der Kreisalhidade beweglichen (einfachen oder multiplicatorisch gewundenen) Leitdrahts ¹⁾ und der mit demselben verbundenen Magnetnadel ganz unnöthig ist, indem eine Excentricität dieser Art in allen vorkommenden Lagen dieselbe bleibt, und daher auf die Messungen keinen Einflufs ausüben kann, da der Erdmagnetismus den Polen der Nadel in jede Lage folgt. Es bedarf jedoch der Untersuchung, in wiefern die constante Stellung der Nadel gegen den Leitdraht auf die Messungen etwa einwirken möge. Ist *CA* (Taf. V Fig. 9) die Richtung des magnetischen Meridians, *CB* die Stellung des auf die Magnetnadel wirkenden Leitdrahts, *CD* die Richtung der magnetischen Axe der Nadel in der Gleichgewichtslage und zugleich das Maafs der Mittelkraft, durch welche die Nadel in dieser Lage erhalten wird, so müssen wir, um die Componenten zu bekommen, von *D* aus senkrecht gegen *CB* (übereinstimmend mit der Richtung der vom Leitdrahte ausgehenden Wirkung) die Linie *DA* ziehen, und haben dann für die dadurch fixirten Componenten *CA* und *DA*, von denen die erste die Kraft des Erdmagnetismus *E*, die letzte die Kraft des Leitdrahts *Q* (d. h. die Gröfse des elektrischen Stromes) vorstellt, die Relation:

$$\frac{DA}{CA} = \frac{Q}{E} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}.$$

Nun ist $\gamma = 90^\circ - \beta$ und $\sin(90^\circ - \beta) = \cos \beta$; folglich ist, wenn wir dazu $E = 1$ annehmen:

$$Q = \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}.$$

1) Bei meiner Bussole schwebt die Magnetnadel über einem einfachen Kupferstreifen, dessen Enden sich in Quecksilberrinnen bewegen.

Um daher aus einer Messung mit der Sinusbussole die Stromgröße in einem geschlossenen galvanischen Systeme (bezogen auf die Kraft des Erdmagnetismus als Einheit) abzuleiten, muß man den Sinus des Winkels, welchen die abgelenkte Nadel mit dem magnetischen Meridiane macht, durch den Cosinus des Winkels dividiren, welchen sie mit der magnetischen Axe des Leitdrahts bildet. Ist dieser letztere Winkel sehr klein, so kann man unbedenklich $Q = \sin \alpha$ setzen; auch bei einer größeren Ausdehnung jenes Winkels kommt derselbe nur für *absolute* Bestimmungen in Betracht; das *gegenseitige Verhältniß* mehrerer Stromgrößen wird, da der Factor $\frac{1}{\cos \beta}$ constant ist, durch die Größe des Winkels β nicht afficirt. Man wird übrigens nicht leicht in den Fall kommen, diesem Winkel eine zu berücksichtigende Größe zu geben.

Die Figur stellt den Fall vor, wo die magnetische Axe der Magnetnadel und die magnetische Axe des Leitdrahts in einer senkrechten Ebene liegen, wenn der Winkel $\beta = 0$ ist. Liegen in diesem Falle die beiden genannten Axen in verschiedenen, einander parallelen senkrechten Ebenen, so kann auch diese Abweichung, da sie in allen zu messenden Lagen der Nadel dieselbe ist, keinen Fehler in die Messungen bringen.

Eine besondere Berücksichtigung verdient indessen die mit der Entfernung der Nadelpole von dem Leitdrahte verknüpfte (bis jetzt unbeachtet gebliebene) Abnahme der Stärke seiner Wirkung auf jene. Befindet sich nämlich die magnetische Axe der Nadel in deren Gleichgewichtslage genau in der senkrechten Ebene der magnetischen Axe des Leitdrahts, so wird bei der geringsten Entfernung der Nadelpole aus dieser Ebene die Wirkung des Leitdrahts auf dieselben vermindert; der Erdmagnetismus aber wirkt in allen den Lagen, in wel-

che die Nadel kommen kann, mit gleicher Kraft und in gleicher Richtung auf ihre Pole. Entfernen sich daher diese letzteren aus der angenommenen Gleichgewichtslage nach der Seite hin, nach welcher der Erdmagnetismus sie zu drehen strebt, so erlangt dieser sofort ein Uebergewicht, und die Nadel kehrt dann in jene Lage nicht zurück, sondern bewegt sich in derselben Richtung weiter fort, und nimmt eine von dem magnetischen Meridiane weniger abweichende Gleichgewichtslage an. Diese letztere ist daher die eigentlich stabile, die erstere dagegen eine labile. Hieraus ergibt sich, daß es in der Praxis sogar nothwendig wird, die constante Lage der Nadel so zu wählen, daß ihre magnetische Axe mit der magnetischen Axe des Leitdrahts einen kleinen Winkel nach der Seite hin mache, nach welcher ihre Ablenkung durch den Leitdraht erfolgt; auch wird der Gebrauch des Instruments dadurch erleichtert, daß man der Nadel nur einen beschränkten Schwingungsraum giebt. Es leuchtet von selbst ein, daß es ebenfalls auf der entgegengesetzten Seite des Leitdrahts eine labile Gleichgewichtslage der Nadel CD' geben müsse, welche eine Stromgröße AD' , vermehrt um eine, die Entfernung der Nordpole von der magnetischen Axe des Leitdrahts compensirende Größe entspricht; diese wird aber durch den Versuch kaum aufzufinden seyn.

Wendet man diese Betrachtungen auf die Tangenbussole an, so findet sich, daß dieses Instrument nur in zwei Fällen, nämlich entweder 1) wenn der Abstand der Magnetnadel von dem wirksamen Leitdrahte so groß ist, daß die Entfernungen ihrer Pole von demselben in ihren verschiedenen Lagen als merklich gleich angesehen werden können; oder 2) wenn man den Polen der Nadel mit dem Leitdrahte in solcher Weise folgt, daß die verschiedenen Lagen des letzteren einander genau parallel bleiben, — eine hinreichende Genauigkeit gewähren

kann, Das Erstere ist annähernd bei Pouillet's Versuchen ¹⁾, in welchen der Leitungskreis 41,2 Centimeter im Durchmesser, die in dessen Mittelpunkt aufgehängte Nadel aber nur 5 bis 6 Centimeter in der Länge hatte, der Fall gewesen; das Letztere ist (in der Ausführung jedoch nicht ohne große Schwierigkeiten) dadurch zu bewerkstelligen, daß man einen geradlinigen Leitdraht in der Mitte zerschneidet, und die dadurch entstandenen beiden Enden a und a' (Taf. V Fig. 10) in mit Quecksilber gefüllten doppelt gebogenen Rinnen bb' und cc' sich bewegen läßt. Alles erwogen, wird jedoch die Sinusbusssole vor der Tangentenbusssole den Vorzug behaupten ²⁾.

IV. *Darstellung eines neuen Verfahrens, Abdrücke von Medaillen und ähnlichen Gegenständen in metallischem Kupfer durch Druck hervorzubringen; von G. Osann.*

(Vorgetragen in der ersten allgemeinen Sitzung der achtzehnten Versammlung der deutschen Naturforscher und Aerzte in Erlangen.)

Eine zufällige Beobachtung, welche ich im Jahr 1830 bei meiner Untersuchung über die Atomgewichte (Siehe Kastner's Archiv, Bd. IV S. 3) an, mit Wasserstoffgas reducirtem Kupfer machte, hat mich zur Erfindung dieser neuen technischen Kunst geführt. Ich hatte damals die Bemerkung gemacht, daß Kupferoxyd mit Wasserstoffgas reducirt ein äußerst feines, leicht zusammendrückbares Pulver giebt, und daß dies so erhaltene Kupferpulver durch Hitze so zusammensintert, daß es die

1) Diese Annalen, Bd. XXXII S. 283.

2) Vergl. Hrn. Poggendorff's Bemerkungen, Ann. Bd. I S. 504.

Festigkeit des geschmolzenen Kupfers annimmt. Als ich nun das neuerdings von Jacobi bekannt gemachte Verfahren, mittelst eines hydro-elektrischen Stroms dergleichen Abdrücke hervorzubringen, wiederholte und fand, daß bei Anwendung einer einfachen Kette sechs bis sieben Tage nöthig sind, um Kupferabdrücke von der Stärke einer Linie zu erhalten, so fiel mir meine frühere Beobachtung ein, und ich versuchte durch Compression dergleichen Abdrücke zu erhalten. Nachdem mir dies gelungen war, machte ich den 23. Juni vergangenen Jahres sowohl in der hiesigen Würzburger Zeitung, als im Fränkischen Courier eine Anzeige dieses Verfahrens bekannt.

Bei allen Operationen, welche zum Zweck haben, einen Gegenstand in einer gewissen künstlerischen Vollkommenheit zu liefern, kommt es auf Beachtung einer Menge von Einzelheiten an, welche unberücksichtigt gelassen werden können, wenn es sich nur darum handelt, einen empirischen Beweis zu liefern. Um nun die Leser in gehörige Kenntniß davon zu setzen, habe ich die Beschreibung des Verfahrens in vier Abschnitte eingetheilt.

1) Von der Darstellung des halb-kohlensauren Kupferoxyds.

Man sucht aus einer beträchtlichen Menge von Krystallen von Kupfervitriol die größten und blauesten Stücke heraus. Hierauf füllt man eine Porcellanschale fast ganz mit Brunnenwasser, bringt so viel Kupfervitriol hinein, als darin sich auflöst, setzt die Schale auf's Feuer und erhitzt die Flüssigkeit zum Kochen. Nachdem sie ungefähr eine halbe Stunde gekocht hat, läßt man sie erkalten. Diese Operation hat zum Zweck das bei dem Kupfervitriol befindliche schwefelsaure Eisenoxydul vollkommen zu oxydiren. Es fällt beim Erkalten als fünf-fach basisches schwefelsaures Eisenoxyd heraus, und kann

aus der erkalteten Flüssigkeit durch Filtriren getrennt werden. Nachdem dieß abfiltrirt worden ist, füllt man eine Porcellanschale zur Hälfte mit der blauen Flüssigkeit. Sie wird zum Kochen gebracht und mit kleinen Mengen von Sodapulver oder kohlenisaurem Natron, welches man in Pausen zusetzt, gefällt. Beim Hineinwerfen findet ein starkes Aufbrausen statt, in Folge der Zersetzung dieses durch den Vitriol; die Hälfte der Kohlensäure entweicht, während die andere sich mit dem Kupferoxyd zu halb-kohlensaurem Kupferoxyd vereinigt. Erfolgt bei einem neuen Zusatz von Soda kein Aufbrausen mehr, so nimmt man die Schale vom Feuer und gießt sie bis an den Rand mit Brunnenwasser voll. Hierbei rührt man mit einem Glasstab den Niederschlag auf, und durchmengt ihn so viel als möglich mit der Flüssigkeit. Man läßt nun die Flüssigkeit ungefähr eine halbe Stunde ruhig stehen. Während dieser Zeit setzt sich das halb-kohlensaure Kupferoxyd ab, und die darüber befindliche Flüssigkeit wird wasserklar. Hierauf gießt man die über dem Niederschlag befindliche Flüssigkeit, welche eine Auflösung von schwefelsaurem Natron ist, behutsam, d. h. ohne den Niederschlag aufzurühren, ab, und gießt dann von Neuem Brunnenwasser auf den Niederschlag. Dieser wird wieder mit dem Wasser gemengt, und wie oben beschrieben verfahren. Dieß Verfahren wird so oft wiederholt, bis die über dem Niederschlag befindliche Flüssigkeit keinen Salzgeschmack mehr hat.

Ist dieser Punkt erreicht, so bringt man den Niederschlag auf ein doppeltes Filtrum und läßt die Flüssigkeit ablaufen. Nachdem dieß geschehen ist und der Niederschlag mehrere Stunden darin gelassen worden ist (ich habe ihn gewöhnlich über Nacht im Filter gelassen), zieht man das Filter, indem man den oberen Rand zusammenlegt, heraus. Hatte man ein doppeltes Filter angewendet, so läßt es sich recht gut herausnehmen, ohne daß ein Zerreißen desselben zu befürchten

wäre. War es hingegen nur ein einfaches, so ist es schwierig es unverletzt aus dem Trichter herauszubekommen. Man breitet es nun über mehrere übereinandergelegte Bogen Fließpapier aus. Der Niederschlag wird dadurch getrocknet, daß man ihn entweder der Wirkung der Sonnenstrahlen aussetzt oder der warmen Luft einer geheizten Stube. Beim Trocknen legt man das Filter öfters mit dem Spatel um, um alle Theile der Wirkung der erwärmten Luft auszusetzen. Nach zwei bis drei Tagen ist der Niederschlag zum feinsten Pulver zerfallen, und hat jetzt die Beschaffenheit, in welcher er reducirt werden kann. Bevor man es der Reduction aussetzt, siebt man es durch Flor, um die gröberen Stücke oder etwaige Unreinigkeiten zurückzuhalten.

2) Reduction mittelst Wasserstoffgas.

Nachdem das kohlen saure Kupferoxyd auf die angegebene Weise dargestellt worden ist, schreitet man jetzt zur Reduction desselben mittelst Wasserstoffgas. Ich will diesen Abschnitt in zwei Abtheilungen trennen.

a) Darstellung des Wasserstoffgases. Um dieses zu gewinnen schlage man gegossenes Zink in Stücke von $\frac{1}{2}$ " bis 1" Gröfse. Diese bringe man in eine Flasche und giefse dann Wasser darauf, so daß ungefähr die Hälfte der Flasche davon erfüllt wird. Dann fügt man auf die Oeffnung derselben einen Stöpsel, welcher gut schliessen muß. Durch denselben gehen zwei Glasröhren, die eine endet nach Aufsen mit einem Trichter. Ihre Oeffnung in der Flasche befindet sich unter der Flüssigkeit ungefähr 1" über dem Boden derselben. Die zweite Röhre endet in dem Glas über der Flüssigkeit, außerhalb des Stöpsels ist sie gebogen, und in Verbindung mit einer weiteren Röhre. In dieser befinden sich zwei Schichten von in Streifen geschnittenen Filtrirpapiers, wovon die vordere, der Gasentbindungsflasche zugekehrte Hälfte, mit Kalilauge, die hintere mit einer Auflösung von

essigsauern Bleioxyd getränkt ist. Diese mit diesen Flüssigkeiten getränkte Streifen dienen dazu, das Wasserstoffgas beim Hindurchströmen zu reinigen, theils von dem anhängenden Oele durch die Kalilauge, theils von dem Schwefel-, Phosphor- und Arsenik-Wasserstoffgas durch das essigsauere Bleioxyd. Diese Röhre ist mittelst eines Korks mit einer engeren verbunden, in welcher sich ein gedrehter Streifen Filtrirpapier befindet. Diefes dient dazu, die etwa durch das Gas mitgenommene Flüssigkeit zu absorbiren. An diese Röhre wird mittelst eines Stöpsels diejenige befestigt, in welcher das Kupfer reducirt werden soll. Zu dieser nimmt man eine Glasröhre von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Fufs Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll Breite.

Um das kohlensaure Kupferoxyd recht gleichmäfsig darin zu vertheilen, verfährt man folgendermassen. Man verschließt die eine Oeffnung der Röhre mit Kork, und bringt so viel Pulver von Kupfersalz hinein, dafs ungefähr $\frac{1}{3}$ der Röhre damit angefüllt ist. Hierauf hält man die Röhre horizontal und vertheilt durch Drehen derselben das Pulver gleichmäfsig. Es wird nun ungefähr die Hälfte der Röhre oder etwas mehr einnehmen.

Nachdem nun durch Zugiefsen von Schwefelsäure in das Glasgefäfs Wasserstoffgas entwickelt worden ist, stellt man eine einfache Weingeistlampe unter die Röhre zu Anfang derselben, da wo das Wasserstoffgas in dieselbe tritt. Bald nachdem die Flamme anschlägt, wird man bemerken, dafs sich das grüne Kupfersalz bräunt. Sobald es an der Stelle, an welcher sich die Lampe befand, Kupferfarbe angenommen hat, rückt man sie weiter, und läfst sie überall so lange stehen bis alles Salz reducirt ist. Ob das Salz völlig reducirt sey, erkennt man aus dem Erglühen desselben; bei der Vereinigung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoff des Oxydes findet nämlich eine solche Temperatur-Erhöhung statt, dafs das Salz erglüht. Sobald sich dies Erglühen

gezeigt hat, kann man annehmen, daß das Salz reducirt sey.

Bei dieser Reduction bemerkt man bald einen stechenden Geruch nach schwefliger Säure. Diese rührt von einer geringen Menge von Schwefelsäure her, welche aus dem Vitriol, selbst durch Fällung bei Siedhitze, nicht entfernt werden kann; diese wirkt auf die letzten Mengen des dem nicht verschlossenen Ende zugekehrten kohlelsauren Kupferoxyds ein. Es bekommt eine gelbliche Farbe und zugleich sammelt sich Wasser daselbst an. Da dieser letzte Theil des Salzes bei der Reduction kein so feines Pulver giebt, sondern zusammenbackt, so ist es besser man unterbricht die Reduction des Salzes da, wo das Pulver anfängt feucht zu werden. Auch ist es nicht räthlich die Lampe bis an diese Stelle zu rücken, da die Glasröhre, wegen der darin angesammelten Feuchtigkeit daselbst leicht platzt. Mittelst eines Drahts, den man an einem Ende gekrümmt und breit geschlagen hat, zieht man das nasse Pulver heraus. Dieß wird besonders aufbewahrt. Hat man eine gewisse Quantität von mehreren Reductionen gesammelt, so bringt man sie in ein Glas mit Wasser, rührt das Salz darin um und filtrirt; das auf dem Filter Gebliebene wird ausgewaschen, getrocknet und hierauf wieder zur Reduction angewendet.

Bei dieser Reduction ist es durchaus nothwendig das Kupfersalz bei der möglichst niedrigsten Temperatur zu reduciren. Schon eine doppelt-zügige Lampe giebt eine zu starke Hitze, und noch viel weniger ist Kohlenfeuer hiezu zu gebrauchen. Kupfer, welches bei solcher Hitze reducirt worden ist, hat eine körnige Beschaffenheit, und sintert nicht mehr durch Hitze zusammen; es ist vollkommen unbrauchbar zu diesem Zweck.

Das auf diese Weise reducirte Kupfer läßt man in der Röhre erkalten. Man bringt es hierauf in ein cy-

lindrisches Gläschen und verschließt dieß sogleich mit einem Kork. Da dieß so dargestellte Kupfer sich leicht oxydirt, so ist zu rathen, daß noch an demselben Tag, an welchem die Reduction vorgenommen worden ist, die Abdrücke ausgeprägt und gebrannt werden.

Als Kennzeichen der Güte des so reducirten Kupfers kann man folgende Eigenschaften anführen. Es muß den Aggregat-Zustand des Schwammplatins haben, und seine Farbe muß hell kupferroth seyn.

Wendet man eine Glasröhre von $1\frac{1}{2}$ Fufs Länge an, so sind drei, nach angegebenen Verhältnissen reducirte Portionen Kupfersalz hinreichend, um einen Münzabdruck von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und von der Dicke von ungefähr $\frac{3}{4}$ Linie anzufertigen.

3) Von dem Ausprägen der Abdrücke durch Compression.

Um die Compression des Kupferpulvers zu bewirken, habe ich mich zweier Verfahren bedient.

1) Man läßt sich ein Rohr von Eisen oder Eisenblech von der Breite der Münze und ungefähr 4" Höhe betragend anfertigen, dann einen kleinen massiven Cylinder von Eisen, 1 bis $1\frac{1}{2}$ " hoch, von der Breite der Röhre, und einen Stempel von gleichem Umfang und demselben Metall, welcher, mit einem Griffe versehen, von solcher Länge ist, daß er, auf den Cylinder in der Röhre gesteckt, noch über dieselbe hinausragt.

Man bringt nun das reducirte Kupferpulver in ein viereckiges Stückchen Flor, hält die Enden desselben zusammen, so daß das Pulver sich darin wie in einem Beutel befindet, und schlägt von unten nach oben mit einem Spatel dagegen, um das Kupfer recht fein durchzupudern. Das durchfallende Pulver fängt man auf einem Bogen Schreibpapier, oder, besser noch, farbigen geglätteten Papier auf. Von letzterem fällt das Pulver leicht ab, ohne hängen zu bleiben. Ist so viel durchgegangen, daß die erhaltene Menge, auf die Münze ge-

bracht, dieselbe ungefähr zu $\frac{1}{2}$ Lin. bedeckt, so hält man inne und legt das Papier, auf welchem das Pulver sich befindet, seitwärts.

Dieses Pulver ist von bester Qualität, und wird gebraucht als erste Schicht, um unmittelbar die Oberfläche der Münze zu bedecken. Wir werden diese Pulvermenge mit *a* bezeichnen.

Auf ein zweites Papier wird nun die übrige Menge des Kupferpulvers durchgepudert und zum Gebrauch aufgehoben. Wir bezeichnen sie mit dem Buchstaben *b*.

Die gröberen Stücke Kupfer, welche im Flor zurückgeblieben sind, werden in eine Reibschale gebracht und zerrieben. Diese dritte Portion hat die geringste Qualität. Wir bezeichnen sie mit *c*.

Nachdem diese drei Quantitäten Kupferpulver erhalten worden sind, fährt man auf folgende Weise fort. Der eiserne Cylinder wird mit Papier, gleich einer Geldrolle, umwickelt, und in diese Hülle Pulver irgend eines anorganischen Körpers, z. B. Ziegelmehl, gebracht, ungefähr von der Höhe einer Linie und darüber. Auf diese wird die Münze gelegt und gegen das Pulver stark angedrückt. Hierauf wird das Papier hinweggenommen und die Röhre von Eisen darübergeschoben, nachdem das Innere derselben vorher etwas mit Talg ausgestrichen worden ist. Man schüttet nun die beste Sorte Kupferpulver (*a*) auf die Münze, hierauf (*b*) und zuletzt (*c*). Die Menge des Kupferpulvers muß dem Volumen nach vor der Zusammendrückung ungefähr das 6fache der Münze betragen.

Die eiserne Röhre wird nun von Außen mit dem Stempel etwas geklopft, damit das Pulver sich recht gleichmäÙig setzt, dann steckt man den Stempel in die Röhre und drückt stark gegen das Kupferpulver. Hierauf setzt man die ganze Vorrichtung auf einen Amboss und schlägt mit einem Hammer oder der Keule eines Mörsers so stark auf den Stempel als man vermag, und so lange,

als man noch eine Zusammendrückung des Pulvers bemerkt. Hierbei muß man in Obacht nehmen, daß die Schläge recht in die Mitte des Stempels fallen damit, der Druck gleichmäÙig ausfalle. Ob das Kupfer das Maximum der Compression erhalten habe, erkennt man aus dem in die Höhe Springen des Stempels, welches eintritt, wenn dieser Punkt erreicht ist.

Ist die Compression geschehen, so spannt man das Rohr in einem Schraubstock und schlägt auf den Stempel mit einem Stück Holz, während man die Hand unter das Rohr hält, damit der Inhalt der Röhre nicht auf einmal herausfällt. Ist dieser verschiebbar geworden, so stellt man die Röhre auf einem Tisch, nachdem man vorher einen Bogen Papier darauf ausgebreitet hat, und zieht das Rohr in die Höhe. Man nimmt jetzt den Stempel hinweg und findet nun eine Schicht Kupferpulver zu einer festen metallischen Masse zusammengedrückt; diese läßt sich nun entweder mit Leichtigkeit von der Münze abheben, oder sie haftet so fest auf derselben, daß sich ihrer Trennung Schwierigkeiten entgegensetzen. Ist dieß der Fall, so erwärmt man ein Kupferblech mittelst einer doppelzügigen Weingeistlampe. Nachdem dieß beinahe bis zur dunkeln Rothglühhitze erwärmt worden ist, legt man die Münze mit der darauf befindlichen Kupfermasse darauf, und läßt es so lange daselbst liegen, bis die Masse erkaltet ist. Der Kupferabdruck wird sich dann mit Leichtigkeit von der Münze trennen lassen.

2) Ich habe mich zu diesen Versuchen auch der bekannten Kniepresse (Poggend. Annal. Bd. XXXI S. 501) bedient, jedoch nicht in der daselbst beschriebenen Gestalt, sondern in einer durch eine Verbesserung veränderten. Die gewöhnliche Einrichtung, bei welcher der Hebelarm nach unten gedrückt wird, ist unbequem und zugleich nicht vortheilhaft, weil bei dem Wegdrücken vom Körper mehr Kraft verloren geht, als bei dem Andrücken nach dem Körper zu. Ich habe da-

her dem Hebelarm eine andere Form gegeben, und zugleich damit eine gabelförmige Vorrichtung verbunden, in deren oberen Theil sich eine Rolle befindet, wodurch, indem der Griff bewegt wird, der Hebelarm nach unten gedrückt wird. Unter den Stempel kommen die Gegenstände, welche zusammengepreßt werden sollen.

Die Art der Zusammenpressung geschieht nun auf folgende Weise. Um einen Cylinder von Eisen, vom Durchmesser der Münze, wird ein Blech, ungefähr $1\frac{1}{2}$ " breit, gelegt, und mit seinen Enden an einander gelöthet. Man erhält hierdurch eine cylindrische Hülle, welche über den festen Cylinder von Eisen hin- und hergeschoben werden kann. Nachdem sie so weit über den Cylinder geschoben ist, daß sie ungefähr mit $1\frac{1}{2}$ " Höhe über diesen wegragt, kommt eine Lage Pulver irgend eines festen Körpers als Füllung für die Münze hinein; auf diese wird jetzt die Münze gelegt und stark dagegen gedrückt. Nachdem dieß geschehen ist, bringt man das Kupferpulver in der angegebenen Folge auf die Münze und füllt den ganzen inneren Raum damit an; oben darauf legt man eine Metallplatte, etwa eine Zink- oder Eisenplatte, und nimmt dann die Preßung vor.

Ich habe nicht finden können, daß nach der Härtung durch's Feuer ein Unterschied zwischen den Kupferabdrücken, auf die eine oder andere Weise erhalten, stattfände, doch habe ich bemerkt, daß die Kupferabdrücke, welche durch Schlagen erhalten werden, mehr metallischen Glanz haben, welcher jedoch keinen Einfluß auf ihre Beschaffenheit nach dem Glühen hat.

4) Härtung der erhaltenen Abdrücke durch's Glühen.

Die durch Compression erhaltenen Abdrücke haben eine gewisse Festigkeit, und können in diesem Zustande recht gut aufbewahrt werden; doch sind sie dem Zerschlagen beim Hinfallen unterworfen und ihre Oberfläche

verliert ihren Glanz durch allmälige Oxydation. Es ist daher zu rathen sie zu härten, was auf folgende Weise bewerkstelligt werden kann.

Man läßt sich zwei Kapseln von Kupferblech machen, welche in einander geschoben werden können, wie die beiden Theile einer Schachtel. In diese werden die Abdrücke gelegt, um darin geglüht zu werden. Ich habe gefunden, daß es am zweckmäßigsten ist, zwei Abdrücke zugleich zu glühen, und diese so hineinzulegen, daß sie mit ihren Vertiefungen aufeinanderliegen. Um das Anbacken der Abdrücke beim Glühen zu verhindern, muß man drei dünne Stückchen Kupferblech auf den Rand des unteren Abdrucks legen; oder man kann auch zuerst schwach glühen, hierauf die Operation unterbrechen, erkalten lassen und dann von Neuem stärker glühen. Die Kupferschachtel wird von außen mit Thon bestrichen, um wo möglichst den Zutritt der atmosphärischen Luft zu erschweren.

Man glüht bis zu anfangender Weißglühhitze, nimmt hierauf die Kapsel heraus, läßt sie erkalten, und die Operation ist beendet.

Sind sämtliche in dieser Darlegung angegebenen Bedingungen erfüllt worden, so erhält man zwei Kupferabdrücke von schön kupferrother Farbe, welche im Innern, da wo die Zusammendrückung am stärksten war, Bronzglanz haben.

5) Einige interessante neue Thatsachen, welche sich bei dieser Untersuchung ergeben haben.

1) Das mit Wasserstoffgas reducirte Kupfer ist außerordentlich elektrisch. Drückt man mit einer mit einem Glasstiel versehenen Messingplatte (dem Deckel eines Condensators) darauf, so wird diese so elektrisch, daß sie schon von Weitem das Goldblatt eines Elektrometers in Bewegung setzt. Diese Thatsache scheint mir für den theoretischen Theil der Chemie von großer Wichtig-

Wichtigkeit zu seyn. Ich halte sie für einen sehr wesentlichen Beitrag zu den Beweisen, daß chemische Affinität und Elektricität ein und dieselbe Kraft sey. Das Kupfer ist in dem so dargestellten Zustand im höchsten Grad oxydirbar und zugleich höchst elektrisch; sollen wir hierin nicht einen Grund finden anzunehmen, daß die Elektricität es sey, welche die Verbindung des Kupfers mit dem Sauerstoff bewirkt? Affinität ist ein bloßes Wort, das nur so lange Werth hat, als es nicht gelingt die Erscheinungen der Affinität einer bekannten Kraft unterzuordnen. Gelingt dies, so kann man sie mit allem Recht aus der Reihe der besonderen Kräfte austreichen.

2) Bringt man Etwas von diesem mit Wasserstoffgas reducirten Kupfer in Chlorgas, so entzündet es sich darin schon bei der gewöhnlichen Temperatur und verbrennt mit weißer Flamme. Es ist dies ein Versuch, der sich sehr gut eignet in den Vorlesungen gezeigt zu werden. Zugleich ist er ein entscheidender Beleg für den Satz, daß die Masse und die Cohärenz der Körper gegen die chemische Affinität wirkt.

3) Es ist eine sehr merkwürdige Erscheinung, daß die Kupferabdrücke beim Glühen sich so bedeutend zusammenziehen. Nach ungefährrer Schätzung mag das Maximum der Zusammenziehung ein Fünftel des Durchmessers der Münze, von welcher der Abdruck genommen war, betragen. Bei dieser Zusammenziehung erleidet die Zeichnung nicht die geringste Verschiebung. Man findet genau dasselbe wieder, nur in verkleinertem Maasstab.

4) Das so zusammengesinterte Kupfer ist härter als das geschmolzene. Es ergiebt sich diese Eigenschaft schon beim Anfühlen, noch mehr aber beim Feilen. Es ist dies gewiß ein recht interessanter Umstand, daß Kupfer im zusammengesinterten Zustand, also einem, in welchem die Theile weniger genähert sind, als im ge-

schmolzenen, eine grössere Härte und, wie mir scheint, auch Festigkeit hat, als im geschmolzenen.

6) Versuche mit anderen Metallen dergleichen Abdrücke zu erhalten.

Es liefs sich erwarten, dafs dergleichen Abdrücke auch mit anderen Metallen erhalten werden können. Bis jetzt habe ich mit zwei Metallen, mit Silber und Blei, derartige Versuche gemacht. Das Silber wurde durch Fällung einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd mittelst Kupfer erhalten. Ausgewaschen und getrocknet, wurde es auf eine Münze mittelst der Kniepresse geprefst. Durch Erwärmen konnte der Abdruck von der Münze getrennt werden. Er hatte ein matt silberfarbiges Aussehen. In der beschriebenen Kapsel von Kupfer wurde er gegläht. Man fand ihn nur unbeträchtlich durch die Hitze zusammengezogen, übrigens von unverändertem Aussehen. Das Metall war fest zusammenhängend geworden und hatte einen schönen Glanz.

Blei wurde aus einer Auflösung von essigsaurem Bleioxyd mittelst Zink gefällt. Es wurde gesammelt, das adhärende Wasser mittelst Fließpapier ausgedrückt und das nun vom Wasser befreite Blei auf einer Münze zusammengeprefst. Der Abdruck löste sich leicht von der untergelegten Münze. Es war ein genauer Abdruck derselben, der sich jedoch durch das matte Aussehen des Bleis nicht sehr empfahl.

7) Vorzüge, welche diefs Verfahren vor dem voraus hat, bei welchem der hydro-elektrische Strom angewendet wird, und practische Anwendung desselben.

Als derartige Vorzüge lassen sich hauptsächlich folgende anführen:

1) Dafs es, nach einmal dargestelltem Kupferpulver, nicht die geringste Schwierigkeit hat, Abdrücke von jeder beliebigen Dicke zu machen, welche eine noch grö-

fsere Härte besitzen, als selbst das geschmolzene Kupfer hat.

2) Dafs jeder Körper, gleichviel ob er Leiter der Elektrizität ist oder nicht, als Unterlage zu diesen Kupferabdrücken angewendet werden kann. Diefs Verfahren erhält hierdurch eine ganz allgemeine Anwendbarkeit, und kann sogar auf organische Körper ausgedehnt werden. Ich habe versucht Steinplatten, auf welchen lithographische Zeichnungen sich befanden, in Kupfer abzudrücken, welche vollkommen gelungen sind. Eben so wird man von geätzten Kupferplatten Abdrücke nehmen können. Auch gröfsere Gegenstände, selbst Statuen, lassen sich auf diese Weise in Kupfer abdrücken. Diese Abdrücke können dann als Formen für erhabene Abdrücke in Kupfer benutzt werden.

3) Dafs die Abdrücke eine ungemeine Schärfe haben. Die Ursache dieser Schärfe, welche selbst die des Originals übertrifft, ist darin zu suchen, dafs der Abdruck sich beim Erhitzen zusammenzieht, folglich das Weitere in einem engeren Raum zusammengedrängt wird. Wenn man einen durch Feuer gehärteten Abdruck mit einem zusammenhält, mit welchem diese Operation nicht vorgenommen worden ist, so erscheint ersterer wie graphirt. Da man diese Abdrücke nun wieder gebrauchen kann als Formen zu neuen erhabenen, so begreift man, wie bei der Eigenschaft derselben, sich durch Hitze zusammenzuziehen, von einer Münze Abdrücke vom kleinsten Umfang erhalten werden können.

4) Mittelst dieses Verfahrens kann man wirkliche Copien von Medaillen mit zwei erhabenen Seiten nachmachen. Um dergleichen anzufertigen nimmt man zwei Hohl-Abdrücke von beiden Seiten, bringt dazwischen Kupferpulver und prefst sie gegen einander. Die erhaltene Copie wird nun durch Feuer gehärtet, und giebt die Medaille in scharfen Umrissen in etwas verkleinertem Maafsstab.

Als practische Anwendungen dürften vorläufig folgende aufgestellt werden:

1) Da sich die Hohl-Abdrücke sehr schön in Siegellack abdrücken, so kann man von einem erhabenen Metallstich jede beliebige Anzahl von Abdrücken in Kupfer genommen werden, welche als Pettschaft gebraucht werden können. Man würde auf diese Weise Stempel sehr einfach und mit wenig Kosten vervielfältigen können.

2) Es kann dieß Verfahren gebraucht werden, um Buchdrucker-Lettern anzufertigen. Zu dem Ende würde man nur nöthig haben das reducirte Pulver in die Matrice zu drücken. Die erhaltenen Lettern würden etwas kleiner als die Matrizen, aber schärfer als gegossene seyn.

3) Man wird es sehr gut anwenden können, um Metallspiegel anzufertigen. Zu diesem Vorhaben wird man das reducirte Kupfer nur auf ein geschliffenes convexes oder concaves Glas zu pressen haben. Diese durch Compression erhaltene Masse wird hierauf in einer Kupferkapsel gebrannt, und je nachdem man einen Sammlungs- oder Zerstreuungs-Spiegel haben will, die innere oder äußere Seite versilbert.

4) Da sich das mit Wasserstoffgas reducirte und geprefte Kupfer so gleichmäfsig in der Hitze zusammenzieht, so wird man es sehr gut zu pyrometrischen Messungen benutzen können. Man würde es hierzu auf dieselbe Weise gebrauchen können, wie die Thon-Cylinder in dem Wedgwood'schen Pyrometer.

Da die Münzen, von welchen Kupferabdrücke genommen werden, nicht beschädigt werden, so würde Jemand, dem ein Münz Cabinet zur Disposition steht, die beste Gelegenheit haben von seltenen Münzen ganz genaue Copien zu machen. Diese würden aufser ihrer grossen Schärfe auch noch den Vorzug vor denen von Gyps und Schwefel haben, dafs sie nicht zerbrechlich sind.

Auch von anderen Kunstgegenständen würde man treue und dauerhafte Copien anfertigen können.

V. *Ueber die Beständigkeit der Wärme-Absorption des Kienrusses und der Metalle, und über das Daseyn eines Diffusionsvermögens, welches durch seine Veränderungen den Werth des Absorptionsvermögens bei den übrigen Körpern verändert; von Hrn. M. Melloni.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. LXXV p. 337.*)

Man weiß gegenwärtig, daß die Fähigkeit einer gegebenen Fläche, strahlende Wärme auszusenden und zu verschlucken, nach der Natur der Wärmefluth verschieden ist, und daß die von Leslie und von Rumford für diese Fähigkeiten aufgestellten Zahlenwerthe zu sehr irrigen Resultaten führen würden, wenn man sie auf Strahlen aus einer Wärmequelle von einer über 300° oder 400° C. steigenden Temperatur anwenden wollte. In der That sehen wir Substanzen, die in ihrem Emissions- und Absorptionsvermögen völlig gleich sind, unter der Wirkung der Strahlung von entflammten oder glühenden Körpern dermaßen verschieden werden, daß, wenn man die von gewissen Mitteln durchgelassenen Wärmefluthen anwendet, die einen, unter gleichen Umständen, sich zwei und selbst mehr Mal stärker erhitzen als die andern; und solche Unterschiede können offenbar nicht ohne eine bedeutende Aenderung in der Intensität des Absorptionsvermögens entstehen ¹⁾. Wenn

1) Diefs ist die einzige Folgerung, die ich aus meinen Versuchen gezogen habe. Niemals habe ich behauptet, die Resultate derselben

es sich um Quellen von nicht sehr hoher Temperatur handelt, ist die Erwärmung mehrerer dieser Substanzen beinahe gleich der des Kienrufs, welcher unter allen bekannten Körpern das stärkste Absorptionsvermögen hat; allein fast alle verlieren mehr oder weniger von ihrem Absorptionsvermögen, wenn sie den Strahlen einer Quelle von hoher Temperatur ausgesetzt werden; dieß veranlaßte mich jede Reihe von Zahlen, welche die von ver-

seyen für Strahlen von verschiedener Natur genaue Messungen der Absorptionskräfte. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur die Augen zu werfen auf die letzten Seiten des Berichts von Hrn. Biot, wo sie zuerst erschienen sind. Nachdem derselbe die Beobachtungsmethode beschrieben, fügt er hinzu: »die so erhaltenen Resultate geben, wegen der aus Berührung der Luft mit den Scheiben erfolgenden Erkaltung, nicht unmittelbar die Verhältnisse der Absorptionskräfte zu einander...; allein sie reichen hin zu beweisen, was Hr. Melloni feststellen wollte, nämlich die Gleichheit oder Ungleichheit der Absorptionskräfte zweier mit einander verglichener Substanzen (*Mém. de l'académ. des Sciences, T. XIV p. 567. — Annal. Bd. XXXIX S. 562*). Diese Worte bezeichnen scharf den dem Urtheil der Academie vorgelegten Satz und lassen nicht die mindeste Unsicherheit über die Meinung, die ich dem Bereich meiner Versuche beilegte. Dennoch finde ich in einem später als jenen Bericht in Frankreich verfaßten und gedruckten Lehrbuch der Physik: »Hr. Melloni hat die Absorptionskräfte bestimmt, indem er vor die Mündung *o* (die der mit einem Reflector versehenen thermoskopischen Säule) sehr dünne, auf Seite der Säule mit Kienrufs überzogene Kupferblättchen, und auf die entgegengesetzte Seite, vor der Wärmequelle, die verschiedenen, auf ihr Absorptionsvermögen zu untersuchenden Substanzen anbringt. Die erwärmten Platten strahlten gegen die Säule, und er setzte voraus, *dafs die Absorptionskräfte proportional wären der an der Säule hervorgebrachten Wirkung, wenn diese auf ihr Maximum gelangt war*; allein es ist klar, dafs die Temperatur der Platten nicht blofs von der Absorptionsfähigkeit, sondern auch von der Erkaltung, in Folge der Strahlung und der Berührung mit der Luft, abhng, so dafs die Temperatur der Platte keinesweges dem Absorptionsvermögen proportional war. Mithin können diese Versuche kein genaues Maafs der Absorptionskräfte geben. Allein wir führen die erhaltenen Resultate an, weil sie zu einer sehr wichtigen Folgerung führen.“ (*Péclet, Traité de physique, Edit 3me T. I p. 363.*)

schiedenen Wärme-Arten bewirkten Erwärmungen vorstellen, auf den Kienrufs zu beziehen. Allein, ist denn auch das Absorptionsvermögen des Kienrufs wirklich unveränderlich? Könnte es nicht nach der Natur der Wärmestrahlung verschieden seyn, und dennoch stärker bleiben als das eines jeden anderen Körpers?

Diese Fragen sind von höchster Wichtigkeit, denn die zur Messung der Wärmestrahlungen bestimmten Instrumente tragen sämmtlich auf ihrer Oberfläche eine Kienrufsschicht ¹⁾, und die gesammte Lehre von der strah-

- 1) Als man anfang die Kugeln des Rumford'schen Thermoskops und des Leslie'schen Differentialthermometers mit Kienrufs zu überziehen, hatte man bloß die Absicht diese Instrumente durch Verstärkung des Absorptionsvermögens ihrer Oberfläche empfindlicher zu machen; allein der athermane Ueberzug erfüllte den weit wichtigeren Zweck, daß er die Wärmefluthen auffing, die in gewissen Fällen von den Behältern absorbirt worden wären, und in andern dieselben ungehindert durchdrungen haben würden, ohne die Temperatur des thermoskopischen Körpers im geringsten zu erhöhen. So giebt die Flammen-Wärme, wenn sie durch eine dünne Schicht von Wasser, Salpetersäure oder Alaun und selbst durch eine gewisse Dicke von Glas gegangen ist, kein Zeichen ihres Daseyns am Thermoskop mit bloßgelassenen Flächen; man muß nothwendig die Kugeln schwärzen, um die Strahlen zu zwingen, die Wände und in Folge deß die innere Luft zu erwärmen. Um vergleichene Maasse über die Ausstrahlung von heißen und von glühenden Körpern zu haben, ist es also unumgänglich, die thermoskopischen Instrumente wohl mit Kienrufs zu überziehen. Wenn ich sage: thermoskopische Instrumente, so verstehe ich darunter alle zur Wahrnehmung der strahlenden Wärme angewandten Apparate; denn die Thermometer mit farblosem oder gefärbtem Weingeist würden manchmal in dem vorhin erwähnten Fall seyn, wo die Wärme den thermoskopischen Körper durchdringt, ohne ihn zu erwärmen; und unter ähnlichen Umständen würden sich die Quecksilberthermometer befinden, weil die nach der Natur der einfallenden Strahlung verschiedene Wärmeportion, welche das Glas unmittelbar durchdringt, an dem Quecksilber reflectirt wird, und, wegen ihres freien Durchgangs durch die Substanz des Glases, wieder hinausgeht. Es bleiben also nur die Thermomultiplicatoren übrig, bei denen der Ueberzug mit Kienrufs freilich nicht durchaus nothwendig ist, weil der thermoskopische Körper selber keiner Art von strahlen-

lenden Wärme stützt sich auf die Voraussetzung, daß jede vom Thermoskop aufgefangene Wärmegattung auf diesen eine ihrer eigenen Stärke proportionale Wirkung hervorbringe. Wie könnte man aber aus den erhaltenen Messungen die Thatsachen beurtheilen, wenn bei gleicher Intensität zweier Strahlen der eine mehr oder weniger als der andere absorhirt würde?

Im ersten Augenblick würde man sagen, daß es ein sehr einfaches Mittel gebe zu wissen, ob der Vorgang wirklich so sey. In der That, nehmen wir eine auf beiden Seiten wohl mit Kienrufs überzogene Platte und setzen sie folgwiese gleich starken Strahlungen von verschiedenen Quellen aus, z. B. denen einer Oel-lampe, des glühenden Platins, eines durch eine Weingeistflamme beständig auf 400° oder durch siedendes Wasser beständig auf 100° gehaltenen Metalles u. s. w. Wenn alle diese Wärmen gleich gut absorhirt werden, so wird sich die Platte jedesmal um dieselbe Gröfse erhitzen, und ein dicht an oder in geringerer Entfernung von ihrer Hinterfläche angebrachtes Thermometer wird immer dieselbe Zahl von Graden zeigen; im entgegengesetzten Falle werden die Angaben des Thermometers mit der Natur der einfallenden Strahlen sich verändern.

Allein, um die verschiedenen Lagen zu finden, in welche die Platte gebracht werden müfste, damit sie von diesen mehr oder weniger intensiven Wärmequellen, eine gleiche Menge Wärmestrahlen aufnehmen könnte, müfste man sich nothwendig eines Thermoskops bedienen, wel-

der Wärme den Durchgang gestattet. Allein mit metallischer Oberfläche würde die Thermosäule einen bedeutenden Antheil der einfallenden Wärme reflectiren, und so jene große elektro-dynamische Erregbarkeit verlieren, welche, im Verein mit der Schnelligkeit und Schärfe der Angaben des Rheometers, dem Thermomultiplicator eine so entschiedene Ueberlegenheit über die Thermoskope und Differentialthermometer geben. Mithin, ich wiederhole es, alle zum Messen von Wärmestrahlungen angewandten Instrumente müssen sorgfältig mit Kienrufs überzogen werden.

ches man mehr oder weniger von jeder Quelle entfernte, bis es eine bestimmte Anzahl von Graden anzeigte. Nun erinnerten wir so eben, daß alle diese Instrumente geschwärzt sind. Die Beständigkeit der thermoskopischen Anzeige könnte sich also nur einstellen, wenn man den Satz annähme, der bewiesen werden soll, nämlich, daß alle Wärmestrahlen gleich gut vom Kienrufs absorbirt werden. Man hätte hier also eine *petitio principii*, und der Versuch wäre durchaus unbeweisend, so daß die Platte bei Aussetzung dieser Wärmemengen, deren scheinbare Gleichheit durch das Thermoskop bestimmt ist, sich beständig um die nämliche Gröfse erhitzen könnte, während sie dieselbe in sehr verschiedenen Proportionen absorbirte. Um diese Möglichkeit zu erweisen, nahm ich von meiner Thermosäule den Kienrufsüberzug ab, und strich sie mit Bleiweiß an, einer Substanz, deren Absorptionsvermögen große Verschiedenheiten zeigt, und setzte die Säule successiv zwei Strahlungen von sehr verschiedener Beschaffenheit aus, nämlich der durch Glas gegangenen Strahlung einer Flamme, und der directen Strahlung des bis 400° C. erhitzten Metalls. Durch stärkeres oder geringeres Heranrücken der Quelle brachte ich es dahin, daß die Galvanometernadel in beiden Fällen 50° zeigte. Ungeachtet der großen Verschiedenheit der angewandten beiden Wärmearten erhitze sich doch eine kleine Pappscheibe, die gleiche Gröfse mit dem Querschnitt der Säule besaß, und wie diese mit Bleiweiß bestrichen war, als sie dicht an die Vorderfläche des Instruments gehalten wurde, immer um dieselbe Gröfse, und gab für beide Strahlungen dieselbe Ablenkung von etwa $15^{\circ},5$.

Der Versuch mit der zwischen die Wärmequelle und das Thermoskop gestellten Platte läßt also die Frage über die Beständigkeit des Absorptionsvermögens des Kienrufs ganz unentschieden. Dennoch kann man daraus, bei einigen geringen Abänderungen, einen recht

merkwürdigen Schluss ziehen in Bezug auf das Verhältniß dieses Vermögens zu dem der Metalle. In der That lasse man die erste Beobachtung in Betreff der directen Wirkung der Strahlung bei Seite, und nachdem man den Effect, der von der Erwärmung einer auf beiden Seiten mit Kienruß überzogenen Platte herrührt, aufgezeichnet hat, ersetze man diese ganz geschwärzte Platte durch eine andere Metallplatte, die auf der der Thermosäule zugewandten Seite schwarz angestrichen, auf der anderen Seite aber blank und polirt ist. Alsdann geschieht die Erwärmung vermöge der Absorption der metallischen Oberfläche und das Thermoskop wird einen geringeren Eindruck als zuvor erhalten. Man wiederhole nun diese beiden Beobachtungen mit verschiedenen Wärmestrahlen. Man wird die Angaben stets in demselben Verhältnisse finden. Mit hin steht die Absorption des Metalls stets in dem nämlichen Verhältniß zur Absorption des Kienrusses, so daß die beiden Substanzen, die an den Extremitäten der Skale der Absorptionsvermögen stehen, unter allen Umständen die respectiven Intensitäten ihrer Absorptionskräfte behalten, während alle dazwischenliegenden Körper die Intensität dieser Kräfte mit der Natur der einfallenden Strahlen ändern.

Auf eine noch raschere und ganz eben so entscheidende Weise kann man diese Versuche zusammenfassen, wenn man gleichzeitig mit zwei Arten von Wärmestrahlen operirt. Zu dem Ende muß man sich zuvörderst verschiedene Paare von matt geschliffenen Metallscheiben verschaffen, im Durchmesser zwischen den beiden kleinen Cylindern stehend, aus denen jedes Ansatzrohr der Thermosäule zusammengesetzt ist, damit man sie durch das weitere Ende des Rohrs einstecken könne. Man befestigt sie mittelst ringförmiger Federn gegen den vorspringenden Rand, schwärzt sie alle auf einer Seite und bringt auf der anderen Seite verschiedene Substanzen an. Die Säule, versehen zuvörderst mit den ganz

geschwärzten Scheiben, stellt man zwischen zwei Strahlungen von sehr verschiedener Natur, wie die zu dem vorherigen Versuch angewandten. Die Scheiben erwärmen sich unter dem Einfluß der heterogenen Quelle und strahlen die erlangte Wärme gegen das Thermoskop. Man nähert die eine oder andere der beiden Wärmequellen, bis der Zeiger genau auf den Nullpunkt der Skale stehen bleibt. Hierauf nimmt man die mit Kienrufs überzogenen Platten fort und ersetzt sie durch zwei andere, die auf der einen Seite geschwärzt, auf der anderen blank sind, und kehrt die geschwärzten Seiten der Säule zu. Der Zeiger rührt sich nicht, so wie man aber die Platten mit metallischer Oberfläche durch Scheiben mit einem Ueberzug von irgend einer anderen Substanz ersetzt, sieht man ihn die Gleichgewichtslage verlassen und mehr oder weniger beträchtlich abweichen.

Die Beständigkeit des Absorptionsvermögens des Kienrufs in Bezug auf das der Metallflächen, bietet einige Analogie dar mit der Proportionalität, die zwischen der Ausdehnung des Quecksilbers und der der Gase stattfindet. Allein diese Proportionalität ist weit eingeschränkter, weil sie sich kaum über die Gränzen der Thermometerskale erstreckt, während die Uebereinstimmung zwischen den Absorptionskräften des Kienrufs und der Metalle für alle Wärmestrahlen und für jegliche Wärmequelle gilt. Noch mehr! Bei der thermometrischen Frage nimmt man an, das Quecksilber dehne sich zwischen 0° und 100° beständig für jede Wärme-Einheit um dieselbe Gröfse aus, weil das Quecksilberthermometer in seinem Gange mit dem Luftthermometer vergleichbar ist, und die Luft, die selbst bei ungeheuren Temperaturveränderungen ihren Aggregatzustand nicht ändert, sich aller Wahrscheinlichkeit nach innerhalb des Abstandes zwischen den Schmelzpunkt des Eises und den Siedpunkt des Wassers gleichförmig ausdehnt.

Wir werden sehen, dafs die Gleichförmigkeit der

vom Kienrufs auf alle Arten von Wärmestrahlen ausgeübten Absorption nur eine einfache, aus der Analogie gezogene Deduction ist; allein eine Wahrheit, die man durch den Versuch direct erweisen kann.

Wenn die strahlende Wärme auf ihrem Wege einen starren Körper antrifft, so kann sie nur folgende Abänderungen erleiden: spiegelnde Reflexion, Diffusion, unvermittelte Transmission, und Absorption, aus der eine allmähige Fortpflanzung von der einen zur anderen Oberfläche des Körpers und eine Erwärmung dieser verschiedenen Theile entspringt ¹⁾). Alle diese Effecte lassen sich an einer mattgeschliffenen Platte von Bergkrystall, Glas oder einer andern analogen Substanz zugleich beobachten. Die unmittelbare Transmission verschwindet, wenn man sich einer Metallplatte bedient; unmittelbare Transmission und spiegelnde Reflexion hören beide auf, wenn man ein Holz- oder Kartenblatt anwendet. Alsdann erleidet die einfallende Fluth nur die Diffusion und Absorption.

Jedermann giebt die Absorption zu, weil die Körper, der strahlenden Wärme ausgesetzt, sich erwärmen. Das gilt aber nicht von der Diffusion, die zwar vermuthlich dem Scharfblick einiger Physiker nicht entgangen ist,

- 1) Ehe die Wärme in dem Körper fortkriecht und dessen verschiedene Punkte ausdehnt, verschwindet, vermöge der Wärmecapacität, ein mehr oder weniger großer Theil der absorbirten Menge, und verbirgt sich sowohl unseren Sinnen als unseren Instrumenten. Allein diese Wärmecapacität hat keinen Einfluß auf die Erscheinungen, welche wir betrachten; denn allemal, wenn es sich um genaue Messungen handelt, operiren wir mit Strahlungen aus constanten Wärmequellen, und wir warten, bis das Gleichgewicht der Temperatur sich in den Thermoskopen und der ganzen Reihe der zum Versuch genommenen Körper hergestellt hat. Nun ist klar, wegen der Constanz der Wärmequelle, daß alsdann die Strahlung jedem Körper, aus dem die Reihe besteht, die ganze erforderliche Menge von latenter Wärme geliefert hat, ohne dadurch im Geringsten von ihrer wärmenden Kraft verloren zu haben.

doch aber für die meisten so zweifelhaft und dunkel geblieben ist, daß man nicht ein einziges Lehrbuch der Physik antrifft, worin dieser Erscheinung erwähnt würde. Ich will also das Mittel angeben, wie man sich durch den Versuch überzeugen kann, daß ein mehr oder weniger beträchtlicher Antheil der Wärmestrahlung, die auf einem gänzlich mattgeschliffenen athermanen Körper fällt, sich in diffuse Wärme umwandelt, die, wie die eigene Wärme des Körpers, von jedem Punkt der Oberfläche ringsum in allen Richtungen fortstrahlt, doch aber Eigenthümlichkeiten besitzt, die sie scharf von der aus Temperatur-Erhöhung entspringenden Strahlung unterscheiden.

Man nehme zuvörderst eine Scheibe von Nufsbaum oder einem andern dichten Holz von 15 bis 20 Centimetern im Durchmesser, mache sie auf einer Seite sehr weiß, auf der anderen, durch Berührung mittelst einer großen Flamme, vollkommen schwarz und sammtartig, und befestige sie nun senkrecht auf einem um seine senkrechte Axe drehbaren Gestell.

Es handelt sich nun darum, die Scheibe einer sehr diffusiven Wärmestrahlung auszusetzen, und die diffusen Strahlen dem Thermoskop sichtbar zu machen, dabei zeigend, daß die Wirkung nicht von der eignen Wärme der wirkenden Fläche herrühren könne.

Zu dem Ende stelle ich neben die drehbare Scheibe, in solchen Abstand, daß ihre vollständige Drehung nicht gehindert sey, einen senkrechten Metallschirm. Auf die eine Seite, in einem Abstand von 2 bis 3 Decimetern, setze ich die mit ihrem Reflector versehene Thermosäule hin, auf die andere eine Lampenflamme, deren Strahlen durch eine Glaslinse gesammelt und verdichtet werden. Das schwach divergirende Wärmebündel gelangt zur Scheibe und überdeckt die ganze Vorderfläche derselben. Die Säule, welche durch den Schirm gegen die directe Wirkung der Lampe geschützt ist, wird so gedreht; daß sie einen guten Theil der von der diffusiven

Fläche ausgesandten Wärme empfängt, und um sie den Strahlen, die aus der Erwärmung dieser Fläche hervorgehen, zu entziehen, stelle ich zwischen der Säule und der Scheibe, immer geschützt vor der directen Strahlung, eine Glastafel auf. Alle Strahlen, die von der eignen Wärme der diffusiven Fläche herrühren, werden durch die Glastafel absorbirt, und erregen darin eine Temperatur-Erhöhung, welche unter den Umständen bei unserem Verfahren äußerst klein, so zu sagen, fast ganz zu vernachlässigen ist. Man beweist es, wenn man die geschwärzte Fläche gegen die Wärmequelle dreht; denn alsdann weicht der Zeiger noch nicht um einen Grad ab. Der Effect der Erwärmung des Glases erreicht also höchstens einen Bruchtheil eines Grades; allein es ist gar nicht erwiesen, daß diese schwache Wirkung von der eignen Wärme des Glases herrührt; vielmehr könnte es wohl seyn, daß sie gänzlich von einer kleinen Portion directer, von der schwarzen Fläche zerstreuter und vom Schirm frei durchgelassener Strahlen herrührte. Nehmen wir jedoch die erste Hypothese an, und sehen, was geschieht, wenn man die Scheibe eine halbe Umdrehung machen läßt. Die schwarze Fläche ist dann durch die weiße ersetzt, und alsbald geht der Zeiger des Instruments rasch aus seiner Gleichgewichtslage, und nimmt, nach einigen Schwingungen, eine feste Abweichung von 25° bis 30° . Ist es nun die neue Fläche, die, nachdem sie die directe Wärme absorbirt hat, dieselbe in so großer Fülle von der Scheibe zum Glase und vom Glase zum Thermoskop sendet? — Ohne Zweifel nein; denn der Versuch beweist, daß ein weißer Körper, wenn man ihn der Strahlung von Flammen aussetzt, sich viel weniger als ein schwarzer erwärmt, vor allem, wenn die einfallende Wärme zuvor eine dicke Glasschicht oder eine Glaslinse durchlaufen hat, wie in dem uns beschäftigenden Fall; und wir wissen, daß die schwarze Fläche vorhin eine fast unmerkliche Ablenkung gab. Wir

wissen überdies, daß hier keine spiegelnde Reflexion vorhanden ist. Der beobachtete Effect rührt also her von der diffusen Wärme, die nicht mehr, wie die eigene Wärme der Scheibe, durch die Glasplatte aufgefangen wird, sondern im Gegentheil die Eigenthümlichkeit der einfallenden Fluth behält, und demgemäfs mit größter Freiheit das Mittel von gleicher Natur mit der Substanz der Linse durchdringt, welche letztere sie schon aller durch das Glas absorbirbaren Strahlen beraubt hat.

Zu demselben Schlufs wird man geführt, wenn man beobachtet, welche Zeit die Nadel zur Erreichung ihrer festen Ablenkung gebraucht, sobald man statt der schwarzen Fläche die weisse nimmt; oder welcher Zeit sie bedarf, um auf den Nullpunkt zurückzukommen, sobald man die Wärmequelle entfernt, ohne dabei die Scheibe und die Glasplatte aus der Nähe des thermoskopischen Körpers zu entfernen; denn in beiden Fällen findet man genau dieselben Perioden, welche durch directe Wirkung der Strahlen auf das Thermoskop gegeben werden. Nun ist klar, daß wenn die durch die weisse Fläche erzeugte Wirkung von der Absorption der Scheibe und der Erwärmung der dazwischen gestellten Glastafel herrührte, die Zeit, welche die Nadel erforderte, um in dem einen oder anderen Sinn den vollen Ablenkungsbogen zu durchlaufen, weit länger seyn würde. Also kann die Kraft, welche die Nadel ablenkte, nicht der eigenen Wärme der Scheibe zugeschrieben werden; vielmehr entspringt sie aus einer wahrhaften Diffusion oder strahlenden Dispersion, welche die weisse Fläche dem Wärmebündel im Moment des Einfalls einprägt.

Wir haben oben bemerkt gemacht, daß die äufserst kleine Bewegung des thermoskopischen Zeigers, falls die schwarze Fläche den Strahlen der Wärmequelle ausgesetzt ist, wohl von einem schwachen Diffusionsvermögen des Kienrufs herrühren könnte, ohne daß die eigene Wärme der zwischen der Scheibe und dem Ther-

moskop aufgestellten Glastafel irgend Theil daran nähme. Gegenwärtig sagen wir, daß dem wirklich so ist. In der That beginnt diese kleine Bewegung, wie die große Ablenkung, im Augenblick wo die Strahlen die Scheibe treffen, und endigt eben so schnell wie die aus den directen Strahlungen entspringenden Wirkungen; überdies ist die Ablenkung unabhängig von der Dicke der eingeschalteten Glastafel; Umstände, welche offenbar das Daseyn frei durchgelassener Strahlen verrathen, und durch eigene fortgestrahlte Wärme der Glastafel unerklärlich sind. Fügen wir endlich hinzu, daß die Nadel sich nicht rührt, wenn man die durchsichtige Platte durch eine mit Kienrufs überzogene Platte ersetzt. Mithin ist bei der gegenwärtigen Einrichtung unseres Apparats nichts merkbar als die Wärmediffusion; und dieß Phänomen, welches sich unter der Wirkung der weissen Fläche mit solcher Energie entwickelt, ist fast unmerklich für die Fläche, welcher der Kohlenstaub eine vollkommen schwarze und sammtartige Farbe ertheilt hat.

Der eben beschriebene Versuch gelingt mit jeglicher Substanz; nur ist die Wirkung je nach deren Natur mehr oder weniger deutlich. Die Stärke scheint hauptsächlich von dem Helligkeitsgrade der Farbe abzuhängen; allein ich kann in dieser Beziehung noch nichts recht Positives angeben, da ich nur erst mit einer kleinen Anzahl von Körpern operirt habe.

Was die Richtung betrifft, so ist es leicht sich zu überzeugen, daß die Fäden (*filets*) der diffusen Wärme in allen Richtungen gleichmäfsig fortstrahlen. Zu dem Ende braucht man nur die Thermosäule zur Rechten, zur Linken, nach oben und unten, ringsum die diffusive Fläche aufzustellen, so daß sie mit ihrer Axe einen constanten Neigungswinkel gegen dieselbe bildet, und mit ihrem Mittelpunkt immer gleich entfernt von ihr bleibt. Noch leichter ergiebt sich die Gleichheit der Diffusion durch die Sonnenwärme. Man wählt zu dem Ende ein

gegen Mittag gelegenes Zimmer, macht im Fensterladen ein kreisrundes Loch von etwa einem Decimeter Durchmesser, stellt aufserhalb einen Spiegel auf, solchergestalt, dafs die reflectirten Strahlen durch dieses Loch gehen und auf die gegenüberliegende Wand fallen, dreht endlich die Axe der Thermosäule gegen die Mitte dieser erleuchteten Stelle und verschliesst nun sorgfältig alle Oeffnungen. Die Nadel des Rheometers stellt sich genau auf den Nullpunkt. Hierauf öffnet man das Loch. Die Sonne scheint auf die Mauer, der thermoskopische Zeiger setzt sich sogleich in Gang, durchläuft einen beträchtlichen Bogen, und bleibt nach anderthalb Minuten stehen, wie wenn die Strahlen direct auf die Säule fielen. Eine Wiederholung des Versuchs bei allen Seitenlagen, die vom Mittelpunkt der von den Sonnenstrahlen erleuchteten Fläche gleich entfernt sind, und gleiche Neigung der Axe des Thermoskops erlauben, giebt immer denselben Ablenkungsbogen. Verschliesst man das Loch und läfst die Säule vor der Mauer stehen, so kehrt die Nadel auf Null zurück, in derselben Zeit, welche sie bedürfen würde, wenn man durch die directen Strahlen dieselbe Ablenkung erhalten hätte und nun plötzlich die Wärmequelle fort nähme. Die Mauer hatte also nicht Zeit sich, während des Versuchs, um eine für das Thermoskop merkbare Gröfse zu erwärmen. Die Ablenkungen rühren also wirklich von der diffusen Wärme her, wie man sich andererseits bei noch geöffnetem Loch überzeugen kann, wenn man eine Glastafel einschaltet, welche die Nadel, statt sie auf Null zurückzubringen, wie es unfehlbar geschehen würde, wenn die Wirkung von einer Erwärmung der Mauer herrührte, nur um einige Grade rückgängig macht.

Nachdem was wir über die Diffusion der Natur der Wärme gelernt haben, begreift man leicht, dafs man sie nicht mit der Reflexion verwechseln kann; denn diese erfordert, wie beim Licht, glatte und polirte Flächen, wäh-

rend die Diffusion, allgemein gesprochen, bei matten, körnigen, rauen Flächen stattfindet; überdies, und dies ist ein neues Kennzeichen, welches unsere Versuche bald darlegen werden, ändert sich die zerstreute Wärmemenge im Allgemeinen mit der Natur der Strahlung; wogegen die reflectirte Wärmemenge unverändert dieselbe bleibt, von welcher Beschaffenheit auch die einfallenden Strahlen seyn. Endlich hat die Reflexion nur unter einem bestimmten Winkel statt, während die Diffusion die Wärme in allen möglichen Richtungen zerstreut. Mithin muß man die Effecte der beiden Wärme-Dispersionen, welche an der Oberfläche der Körper stattfinden, und bisher unter dem Namen des *Reflexionsvermögens* ungeeignet vereinigt wurden, von nun an in zwei Klassen theilen.

Die Ungenauigkeit dieser Klassification, welche von Leslie her stammt, hat diesen berühmten Physiker oft veranlaßt, gewisse thermologische Aufgaben durch experimentelle Methoden zu lösen, die keineswegs zum Ziele führen konnten. So bildete er sich z. B. ein, folgendermaßen gezeigt zu haben, daß der Kienrufs die Gesamtheit der auf seine Oberfläche fallenden Wärmestrahlen absorbire. In den Brennpunkt eines metallenen Hohlspiegels brachte er die geschwärzte Kugel eines Luftthermometers und weiterhin ein Gefäß voll heißen Wassers. Er zeichnete das sehr starke Steigen des Thermometers auf, überzog den Spiegel mit Kienrufs und wiederholte den Versuch. Das Thermometer rührte sich nicht. Mithin, sagt er, das Reflexionsvermögen des Kienrufs ist Null; diese Substanz *absorbirt also alle einfallende Wärme*.

Um mit einem Schlag zu zeigen, daß dieser Schluss auf falscher Grundlage ruht, braucht man nur den zweiten Versuch zu wiederholen, dabei eine weiße Farbe statt des Kienrufs und eine Argand'sche Lampe mit Glascylinder statt des Gefäßes mit heißem Wasser nehmend; denn alsdann zeigt die thermoskopische Nadel dieselbe Unbe-

weglichkeit, die zuvor beim Kienrufs beobachtet wurde. Wir haben aber so eben gesehen, daß weisse Körper einen starken Antheil der von Glas ausfahrenden Flammenwärme vermöge Diffusion zurtücksenden. Es kann also geschehen, wie es in der That im vorliegenden Fall geschieht, daß das Thermometer unbeweglich bleibt, und dennoch die auf den Hohlspiegel gestrichene Substanz *nur eine geringe Menge der einfallenden Wärme absorhirt*. Die falsche Argumentation von Leslie entspringt ohne Zweifel aus dem Fehler, daß er zwei ganz verschiedene Erscheinungen, die Reflexion und die Diffusion, in eine und dieselbe Klasse vereinigte. Freilich kannte man zu seiner Zeit die erforderlichen Bedingungen zur letzteren Abänderung der Wärmestrahlen noch nicht, aber man kannte sehr wohl die Bedingungen zur ersteren, und von da an war es nicht erlaubt, auf die *Concentration der Wärmestrahlen im Mittelpunkt eines Spiegels mit matter Fläche* Folgerungen zu gründen. Dieselben Betrachtungen gelten von der experimentellen Methode, aus der man schloß, daß die Absorptionskräfte der Körper im umgekehrten Verhältniß ihrer Reflexionskräfte stehen; denn Leslie gebrauchte zu diesen Versuchen, ohne alles Bedenken, Tusche, Papier und andere Substanzen mit matter oder unebener Oberfläche, deren schwaches Vermögen, die Wärme spiegelnd zu reflectiren, bei weitem nicht immer eine starke Wärme-Absorption anzeigt. Und dennoch wurden diese so offenbar falsche Lehren vom Anbeginn an mit einem wahrhaften Enthusiasmus aufgenommen und verbreitet; selbst Männer von höherem Geist hielten sie für hinreichend festgestellt, und indem sie dieselben, wie sie waren, ohne irgend eine Erläuterung oder Einschränkung annahmen, trugen sie mächtig dazu bei, sie durch ihre Schriften in fast alle Schulen der Physik zu verbreiten, wo sie sich unangetastet und verehrt bis auf den heutigen Tag erhalten haben.

Die unzweifelhafte Thatsache der Diffusion, im Verein mit der eben so sicheren, daß Körper unter dem Einfluß der Wärmestrahlungen eine mehr oder weniger starke Temperatur-Erhöhung annehmen, erhebt eine der merkwürdigsten Verschiedenheiten in den beiden Wirkungen der Körper auf das Licht und auf die Wärme zur vollkommensten Gewissheit, eine Verschiedenheit, die vielleicht nicht so klar war, so lange man die Art, wie Wärmestrahlen sich, gleich den Lichtstrahlen, augenblicklich an der Oberfläche der Körper nach allen Richtungen zerstreuen, nicht kannte.

Wirklich hat die Radiation einer erwärmten Fläche viele Aehnlichkeit mit der diffusen Strahlung. Bis zu einem gewissen Punkt liefs sich also die Erwärmung als Ursache einer Art Wärmediffusion ansehen; gegenwärtig sieht man aber, daß beide Erscheinungen vollkommen verschieden sind; und diese Kenntniß entspringt aus einer viel schärferen Auffassung der Erscheinungen, die in den Körpern vermöge Wärme- und Licht-Absorptionen vorgehen. Die opaken und athermanen Substanzen, einer Fluth von Licht und Wärme ausgesetzt, schicken durch Absorption und Reflexion einen Theil von beiden Agentien zurück und absorbiren den Rest. Allein die Wirkungen, welche die absorbirten Antheile der Wärme und des Lichts hervorbringen, sind einander nicht ähnlich, wie die der Reflexion und Diffusion, sondern ganz verschieden. Denn wenn man die strahlende Quelle entfernt, bleiben die besagten Körper eine beträchtliche Zeit lang mehr oder weniger warm, während die der Lichtstrahlung ausgesetzten opaken Körper sogleich wieder in ihren ursprünglichen Zustand von Dunkelheit verfallen, ohne die geringste Spur von Licht zurückzubalten ¹⁾).

- 1) Bekanntlich leuchtet der Diamant im Dunkeln, wenn er einige Zeit dem Sonnenlicht ausgesetzt ward. Nach den schönen Versuchen des Hrn. Brewster besitzen die meisten Edelsteine und übrigen Substanzen dieselbe Eigenschaft, allein in einem weit untergeordneteren

Sähe man in dieser Verschiedenheit eine ganz natürliche Folge von vorausgesetzter Umwandlung des Lichts in Wärme, so brauchte man nur an den Versuch zu erinnern, wo zwei Mittel von entgegengesetzter Diathermansie, nach ihrer Vereinigung, dem Lichte alle wärmende Wirkung rauben. Denn die von diesem Schichtenpaar ausfahrende Lichtstrahlung entwickelt, mit Thermoskopen aufgefangen, an diesen keine merkliche Spur Wärme; und doch ist sie weit lebhafter als so manches andere von farbigen Mitteln durchgelassene Licht, welches, ungeachtet seiner großen Schwäche, eine sehr intensive Wärmewirkung ausübt.

Allein nehmen wir unsere experimentellen Betrachtungen über das Absorptions- und Diffusionsvermögen der, verschiedenen Arten strahlender Wärme ausgesetzten, Körper wieder vor.

Wenn es mir gelungen ist, die Anordnung der bei dem Versuch zum Erweise des Daseyns der Wärmediffusion angewandten Theile klar auseinanderzusetzen, so wird man auch die Methode, durch welche ich gleichzeitig sowohl die ungleiche Diffusionswirkung einer weissen Fläche auf die Wärmestrahlen verschiedener Quellen als die unveränderliche Absorptionswirkung des Kienrusses für alle Wärmestrahlen herleitete, ohne Schwierigkeit begreifen.

Gesetzt man habe zwei dünne Pappscheiben von gleicher Grösse wie die frühere Scheibe, die eine auf beiden Seiten geschwärzt, die andere hinten geschwärzt

Grade. Selbst bei den Diamanten sind es nur gewisse, ziemlich seltene Exemplare, welche das Phänomen in recht merkbarer Weise zeigen. Ueberdies ist das nach der Insolation ausgesandte Licht äusserst schwach; es gewinnt nichts durch längeres Liegenlassen der Körper im Sonnenschein, und dauert meist nur einige Secunden. Dagegen erwärmen sich alle Körper, ganz ohne Ausnahme, im Sonnenschein, und zwar desto stärker, je länger man sie darin liegen lässt, und sie strahlen ganze Stunden lang die empfangene Wärme aus.

und vorn geweißt; ferner sey der Metallschirm, die Wärmequelle, die Säule mit ihrem Reflector, so gestellt wie beim vorigen Versuch, nur sey die Glaslinse, wie die Glastafel fortgenommen, und überdies der Fuß der Säule wohl befestigt auf dem Ende einer horizontalen Alhidade, die am anderen Ende drehbar um einen Stift, welcher in der Verlängerung der Verticallinie liegt, die durch den Mittelpunkt der zum Versuch genommenen Scheibe geht. Diese Scheibe, welche unbewegt bleibt, erreicht bald eine constante Temperatur und sendet Wärme durch die eine und die andere Fläche aus. Ich stelle die Thermosäule abwechselnd bald in die eine Lage, d. h. so, daß sie die von der Vorderfläche kommenden Strahlen auffängt, bald in eine vollkommen ähnliche in Bezug auf die Hinterfläche, und zeichne die entsprechenden Ablenkungen des Rheometers auf. Ich wiederhole den Versuch mit beiden Scheiben bei verschiedenen Wärmequellen und leite daraus ab das Verhältniß zwischen den Intensitäten der auf die beiden Seiten jeder Scheibe projecirten Strahlungen. Die Resultate einer Reihe solcher Versuche sind in der folgenden Tafel enthalten. Man findet darin die nöthigen Nachweisungen zum Verständniß der in jeder Spalte enthaltenen Angaben. Wir wollen bloß einige Erläuterungen über die Zahlenwerthe hinzufügen. Jede Reihe von Beobachtungen begann mit der Hinterfläche der schwarzen Fläche. Während die Säule schief gegen die Hinterfläche der schwarzen Scheibe stand, wartete man die Zeit ab, bis der Zeiger des Rheometers vollkommen in Ruhe kam, und entfernte darauf die Quelle mehr oder weniger, bis die Ablenkung auf 12° gelangt war; dann schob man die Säule mittelst der Alhidade vor die Vorderfläche und zeichnete die entsprechende Ablenkung auf. Endlich nahm man die schwarze Scheibe fort, stellte statt ihrer die weiße hin, und wiederholte an dieser dasselbe Paar von Beobachtungen. Diese Versuchsreihe wurde zehn

Mal wiederholt, und die vier Mittelresultate in eine einzige Spalte gebracht.

Die Wärmefluthen, mit denen operirt wurde, waren vier an der Zahl; denen entsprechen eben so viel Kolumnen mit directen Beobachtungen. Jede derselben enthält unter sich vergleichbare Elemente; man darf aber nicht die Resultate der einen mit denen der anderen vergleichen, da in den Intensitäten der Anfangsbeobachtung kleine Unterschiede waren. Eben um diese Unterschiede verschwinden zu machen, sind unter den directen Wirkungen die auf die erste, zu 100 angenommene, bezogenen Kräfte angegeben.

	Von d. Wärmequelle bestrahlte Scheibe,			
	<i>schwarze.</i>		<i>weiße.</i>	
	Ihre auf das Thermoskop wirkende Fläche			
	<i>hintere</i>	<i>vordere</i>	<i>hintere</i>	<i>vordere</i>
	Farbe derselben			
	<i>schwarz</i>	<i>schwarz</i>	<i>schwarz</i>	<i>weiß</i>
Metall, 400° C. warm				
Ablenkungen	12°,36	14°,58	11°,51	15°,96
Kräfte	100	118	93	129
Glühendes Platin				
Ablenkungen	12°,26	14°,35	10°,32	18°,68
Kräfte	100	117	84	152
Locatelli's Lampe				
Ablenkungen	11°,83	14°,08	8°,13	21°,05
Kräfte	100	119	69	181
Locatelli, mit Glasschirm				
Ablenkungen	12°,21	14°,41	5°,69	26°,92
Kräfte	100	118	46	250

Die Zahlen in dieser Tafel stellen Größen vor, die den Strahlungen auf die beiden Seiten einer jeden, folgwiese den verschiedenen Wärmefluthen ausgesetzten, Scheibe proportional sind. Wir wissen nicht, ob alle diese Wärmefluthen, die aus Quellen von mehr oder we-

niger hohen Temperaturen herkommen, wirklich mit verschiedener Kraft begabt sind, wenn sie den Körper treffen; und die fast völlige Gleichheit, die wir zwischen den Ausstrahlungen der Vorderfläche der schwarzen Scheibe nachgewiesen haben, führt zu keiner entscheidenden Folgerung. Bei der gegenwärtigen Einrichtung unseres Apparats kann man sich indess versichern, daß, für jede Wärmeart, die Ausstrahlung der Hinterfläche, verglichen mit der der Vorderfläche, ein constantes Verhältniß giebt, was für eine Intensität die direct zur Scheibe gelangenden Strahlen auch besitzen mögen. Zu dem Ende braucht man nur die Wärmequelle successiv in sehr verschiedene Abstände zu bringen, und jedesmal die Werthe der von beiden Flächen der Scheibe ausgehenden Wärmewirkungen zu bestimmen; immer findet man sie in gleichem Verhältniß verstärkt oder geschwächt.

Gesetzt nun, man wechsele die strahlende Quelle: erleidet die neue Wärmefluth dieselbe Dispersion wie die vorherige, so ist klar, daß die Scheibe denselben Antheil von Wärme wie zuvor absorbiren und aussenden, und demgemäß dasselbe Verhältniß zwischen den Angaben von ihren beiden Seiten geben wird. Aendert sich aber die Diffusion, so entspringt daraus ganz nothwendig eine Veränderung in den relativen Werthen beider Ausstrahlungen, und diese werden sich um so mehr von der Gleichheit entfernen, als die Diffusionskraft stärker wird. Die Substanz, aus welcher die Scheibe besteht, erlaubt in der That weder die spiegelnde Reflexion noch die unmittelbare Transmission: Die Wärmewirkungen ihrer beiden Flächen entspringen also gänzlich aus der absorbiren und der diffundirten Wärme; und bei diesem Zustand der Dinge sind offenbar die Diffusion und Absorption zwei complementäre Phänomene, d. h. wenn in einem besonderen Fall die zerstreute Wärme ein Drittel der einfallenden Strahlung ist, so wird die absorbirte Wärme zwei Drittel derselben seyn, und wenn, nach

einem Wechsel der Quelle, die zerstreute Wärme bis auf drei Viertel der einfallenden steigt, so wird die absorbirte sogleich auf ein Viertel sinken, und so fort. Nun rührt die von der Hinterfläche der Scheibe ausgehende Strahlung lediglich von der absorbirten Wärme her, während die Ausstrahlung der Vorderfläche zugleich von der absorbirten und der zerstreuten Wärme her stammt; je stärker also die Diffusion ist, desto verschiedener an Intensität werden die beiden Ausstrahlungen der Scheibe seyn, die Divergenz ihres Verhältnisses ist folglich sowohl eine sichere Anzeige des Anwuchses der Dispersion, welche die einfallenden Strahlen an der Vorderfläche der Scheibe erfahren, als ein Beweis von der absorbirten Wärmemenge. Diefs gesetzt, liefert die weisse Scheibe folgende Angaben:

Ausstrahlung der Hinterfläche	93	84	69	46
Entsprechende Ausstrahlung der Vorderfläche	129	152	181	250 ¹⁾
Verhältniß beider	$\frac{10}{14}$	$\frac{10}{18}$	$\frac{10}{20}$	$\frac{10}{24}$

1) Summirt man die gleichzeitigen Ausstrahlungen beider Oberflächen der Scheibe, so hat man:

222 236 250 296,

Zahlen, die mit der Zerstreubarkeit der einfallenden Strahlen wachsen, keinesweges gleich sind, wie man wohl nach dem, was über das Complementare der beiden einzigen Wärmearten, welche die Ausstrahlungen der Flächen bilden, erwarten könnte. Diese Thatsache erkläre ich mir folgendermaßen. Ein Theil der Wärmefluth, die strahlend zur Scheibe gelangt, verwandelt sich an der Vorderfläche in zerstreute Wärme; der Rest wird absorbirt und darauf ausgestrahlt, anfangs von der Vorderfläche, später von der Hinterfläche. Das Verhältniß des absorbirten zum zerstreuten Theil ändert sich mit der Natur der Wärmequelle; allein da der Anwuchs einer dieser Größen sogleich durch eine Abnahme der anderen compensirt wird, so würden die Ausstrahlungen der beiden Oberflächen, die diesen Größen proportional sind, zusammengelegt, offenbar eine constante Zahl geben, wenn die absorbirte Wärmeportion sich gleichförmig über alle Punkte der Scheibe ausbreitete, und mit gleicher Kraft von ihren beiden Oberflächen ausstrahlte. Dem ist aber nicht

Die Reihen sind geordnet nach den Temperaturen der vier Quellen, die direct und successive ihre Wärmefluth zur Vorderfläche der Scheibe ausstrahlten. Mithin nehmen die secundären Strahlungen, welche die beiden Flächen der Scheibe zum Thermoskop absenden, desto divergendere Werthe als die Temperatur der Quelle höher ist. Die Zerstreubarkeit der Strahlen wächst also, an der Oberfläche dieser Scheibe, mit der Temperatur der Quelle. Die größte Abweichung zwischen beiden Ausstrahlungen entsteht also bei der durch Glas gegangenen Flammenwärme, und dies begreift sich leicht; denn, wenn Glas auf die Strahlungen glühender Körper wirkt, werden vorzugsweise die Strahlen, welche denen aus Quellen von niederer Temperatur analog sind, aufgefangen.

Vergleichen wir indess unter einander die respectiven Ausstrahlungen der beiden Flächen der schwarzen Scheibe, die den vier Wärmefluthen ausgesetzt wurde. Wir finden sie alle in demselben Verhältniß, von etwa zehn Zwölftel. Mithin wirkt der Kienrufs gleichmäfsig auf die verschiedenen Arten strahlender Wärme, d. h. er absorhirt und zerstreut mit gleicher Stärke.

Man sieht, dafs, selbst bei der schwarzen Scheibe, die eine Fläche, die vordere, mehr als die hintere ausstrahlt. Dies kann aus zwei Ursachen entspringen; aus dem Widerstande, den die Scheibe der Wärmefortpflanzung entgegensetzt, und aus der Diffusion, welche der Kienrufs auf die einfallenden Strahlen ausübt. Allein

so. Die von der Absorption herrührende Wärmefluth erleidet einen merklichen Verlust, wenn sie auf dem Wege der Leitung von der Vorder- zur Hinterfläche geht, und dieser Verlust ändert sich proportional mit der absorhirtten Wärmemenge. Mithin wird die Zahl, welche die Summe beider Ausstrahlungen der Scheibe ausdrückt, desto kleiner, je gröfser die Absorption ist. Und dies beobachtet man auch wirklich; denn die Summen bilden eine mit der Stärke der Diffusion wachsende Reihe, oder, was dasselbe ist, der Werth der Summe wächst, sobald die Absorption abnimmt.

die erstere dieser beiden Ursachen spielt ohne Zweifel die Hauptrolle; denn der fragliche Unterschied nimmt zu und ab mit der Dicke der Scheibe. Was die Diffusion des Kienruffs betrifft, so haben wir schon bemerkt, daß sie ungemein schwach ist in dem besonderen Fall mit der durch Glas gegangenen Lampenstrahlung, und so eben haben wir gezeigt, daß der Kienrufs alle Wärmearten mit gleicher Stärke absorhirt und zerstreut. Was also bei den von Glas ausfahrenden Strahlen geschieht, wird in jedem anderen Falle auch geschehen, d. h. die Diffusion des Kienruffs wird immer sehr schwach seyn, bis zu gleichem Grade, so daß eine wohl mit dieser Substanz überzogene Fläche fast die Gesammtheit der empfangenen Strahlen absorhirt; wenigstens wird der äußerst kleine Wärmeantheil, welcher vermöge der Diffusionswirkung des Kienruffs zerstreut wird, unabhängig seyn von der Qualität der Strahlen, so daß die absorbirte Portion und die daraus entspringende Erwärmung immer der Intensität der einfallenden Fluth proportional seyn werden, und ihnen genau als Maafse dienen können.

(Schluß im nächsten Heft.)

VI. *Ueber die Lichterscheinungen bei der Krystallbildung; von Heinrich Rose.*

Vor längerer Zeit fand ich, daß das Krystallisiren der glasartigen arsenichten Säure durch's Erkalten ihrer heißen gesättigten Auflösung in Chlorwasserstoffsäure mit einer starken Lichterscheinung begleitet ist ¹).

Man hatte schon früher beim Anschiefen von Krystallen mehrerer Salze ein Leuchten bemerkt, aber immer war diese Erscheinung nur eine zufällige gewesen;

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXV S. 481.

nie konnte man sie willkürlich hervorrufen. Das Leuchten beim Krystallisiren der arsenichten Säure unterscheidet sich daher wesentlich von dem anderer Substanzen, als man es willkürlich und zu jeder Zeit hervorzubringen im Stande ist.

Ich zeigte, dafs es nur die glasartige arsenichte Säure sey, welche bei dem Krystallisiren ihrer heifsen chlorwasserstoffsäuren Auflösung das Leuchten zeige. Weder die arsenichte Säure, welche durch längeres Liegen der glasartigen Säure porcellanartig und undurchsichtig geworden ist, noch die Krystalle, welche man durch's Erkalten einer gesättigten chlorwasserstoffsäuren Auflösung der glasartigen oder der porcellanartigen Säure erhalten hat, zeigen beim Krystallisiren unter ähnlichen Umständen ein Leuchten.

Ich schlofs hieraus, dafs das Leuchten beim Anschiefen der Krystalle der arsenichten Säure dadurch entstehe, dafs aus der Auflösung der glasartigen Säure dieselbe sich beim Krystallisiren in porcellanartige verwandle. Die erhaltenen Krystalle gehören der porcellanartigen Modification an, und das Porcellanartigwerden der glasartigen Säure besteht in nichts anderem, als darin, dafs die Säure aus einem vollkommen unkrystallinischen in einen krystallinischen Zustand übergeht.

Diese Erklärung erschien mir so einfach, und auf die Erscheinungen des Leuchtens beim Krystallisiren anderer Salze so passend, dafs ich seit vielen Jahren eine grofse Reihe von Versuchen angestellt habe, um das Leuchten bei diesen willkürlich wie bei der arsenichten Säure zu erzeugen. Aber die vielen und mannigfaltigen Untersuchungen, die ich in dieser Hinsicht sehr lange fortgesetzt habe, haben nicht ein so vollkommen genügendes Resultat gegeben, wie ich es erwartet hatte.

Das Leuchten beim Krystallisiren der arsenichten Säure ist vielleicht einer der einfachsten Fälle unter den Lichterscheinungen, welche gewisse Krystalle bei ihrer

Bildung zeigen. Da man besonders ein Leuchten beim Anschiefen der Krystalle des schwefelsauren Kalis beobachtet hat, so habe ich vorzüglich meine Untersuchungen mit diesem Salze angestellt. Es ist mir zwar endlich nach vielen vergeblichen Bemühungen gelungen, das Leuchten beim Krystallisiren des schwefelsauren Kalis willkürlich hervorzubringen; aber die Ursache dieser Erscheinung ist verwickelter, und man hat weit mehr Vorsichtsmafsregeln zu beobachten, wenn man sie erzeugen will, als diefs bei der Hervorbringung der Lichterscheinung beim Krystallisiren der arsenichten Säure der Fall ist.

Da das Leuchten beim Krystallisiren des schwefelsauren Kalis schon oft zufällig beobachtet, aber noch nie willkürlich hervorgebracht worden ist, so will ich hier alle die Erfahrungen mittheilen, welche darüber bekannt gemacht worden sind. Schon Placidus Heinrich in seinem bekannten Werke über die Phosphorescenz der Körper ¹⁾, so wie später Schweigger haben vor längerer Zeit die älteren Beobachtungen darüber zusammengestellt ²⁾. Ich werde indessen nur die anführen, welche mir ganz zuverlässig zu seyn scheinen, und die Umstände bemerken, unter denen das Leuchten beobachtet worden ist, wenn sie näher angegeben sind.

Die erste Bemerkung über das Leuchten des schwefelsauren Kalis ist (1785) von Pickel in Würzburg ³⁾. Er sah in einem Kessel, welcher mit vitriolisirter Weinsteinlauge angefüllt und zum Krystallisiren hingestellt worden war, zur Nachtzeit oben, in der Mitte und auch am Boden des Kessels blitzähnliche Erscheinungen entstehen.

1) S. 476.

2) Jahrbuch der Chemie und Physik, Bd. X S. 271.

3) Taschenbuch für Scheidekünstler auf das das Jahr 1787, S. 55.

1786 bemerkte Schönwald in Elbing ¹⁾, als er einen Theil Küchensalz und ein bis zwei Theile vitriolisirten Weinstein in Wasser aufgelöst, die Auflösung bis zur Erscheinung eines Salzhäutchens abgedampft und in eine Schale gegossen hatte, beim Krystallisiren des vitriolisirten Weinstein Funken im Finstern in der Auflösung. Der krystallisirte vitriolisirte Weinstein leuchtete, wenn er mit den Nägeln der Finger gerieben wurde. »Ich vermuthete, sagt Schönwald, fast im Salze einen fertigen Phosphor.«

Schiller ²⁾, welcher bei der Abdunstung der Lauge des vitriolisirten Weinstein, aller Aufmerksamkeit ungeachtet, nie ein Leuchten bemerkt hatte, calcinirte eine Salzmischung, welche aus Weinsteinrahm, vitriolisirtem Weinstein und etwas Kochsalz bestand, und liefs sie darauf heftig zusammenschmelzen. Er sah von dieser ausgegossenen Salzmasse, so wie sie sich nach und nach abkühlte, Blättchen und auch gröfsere Stücke abspringen, und jedes Abspringen war mit einem Leuchten begleitet. Hierdurch aufmerksam gemacht, glaubte er nun auch von dieser Salzmasse eine leuchtende Lauge zu erhalten. Er löste daher das noch warme Salz in Wasser auf, filtrirte es und setzte es zum Krystallisiren hin; jetzt sah er nun, indem sich die Krystalle bildeten, sowohl auf der Oberfläche als unter der Flüssigkeit leuchtende Blitze hinfahren, und diese Erscheinung dauerte mehrere Stunden hindurch. Er bemerkte auch das nämliche Leuchten, als er zwei Tage später die Krystalle mit einem Spatel abzustofsen bemüht war.

Die ausführlichsten Bemerkungen in der älteren Zeit über das Leuchten beim Krystallisiren des schwefelsauren Kalis hat Giobert ³⁾ 1789 mitgetheilt. Das schwe-

1) Crell's chemische Annalen, 1786, Bd. II S. 50.

2) Taschenbuch für Scheidekünstler auf das Jahr 1791, S. 54.

3) *Sur le Phosphorisme du tartre vitriolé* im *Journal de physique*, T. XXXVI p. 256.

felsaure Kali, dessen er sich zu seinen Versuchen bediente, war als Nebenproduct bei der Fällung der weissen Magnesia aus Seesalz (*sel de canal*) vermittelst kohlensauren Pflanzenalkalis erhalten worden. Als er die Mutterlauge von den Krystallen des vitriolisirten Weinstens abgiessen wollte, bemerkte er grosse glänzende Funken von einem blassen und bläulichen Lichte, welche verschwanden und beim Reiben der Krystalle wieder erschienen. Wenn er mit einem festen Körper über die Oberfläche der Krystalle strich, so sah er an den Spitzen derselben ununterbrochene Lichtfunken, wodurch man den Weg des reibenden Körpers deutlich bemerken konnte. So wie die Lauge geschüttelt wurde, erschienen Funken. Beim ferneren Abdampfen der Lauge erhielt er neue Krystalle unter Lichterscheinung. Er erhielt den nämlichen Erfolg, wenn diefs in Gefässen von Kupfer, Messing, Zinn, von Steingut oder andern irdenen Gefässen geschah. Giobert glaubt aber gefunden zu haben, dass die Form des Gefässes, in welchem die Krystallisation geschieht, nicht ohne Einfluss auf das Leuchten des Salzes sey, und dass dasselbe um so stärker sich zeigt, je grösser die Oberfläche des Gefässes und je mehr Berührungsfläche sie der Luft darbietet. Ein anderer Umstand, welcher die Phosphorescenz des Salzes, nach Giobert, am meisten zu begünstigen scheint, ist der, dass die Auflösung des Salzes nicht zu stark abgedampft werde, und dass die Krystallisation in der Kälte (durch's Erkalten) geschehe. Liefs er das Salz durch ein sehr langsames Abdampfen krystallisiren, so fand die Erscheinung nicht statt; eben so wenig auch, wenn die Flüssigkeit nicht vollkommen von der Magnesia befreit worden war.

Wenn er von den Krystallen des vitriolisirten Weinstens die Auflösung abgoss und sie auf Löschpapier legte, so verschwand die phosphorescirende Eigenschaft gänzlich. In der Auflösung selbst, auch wenn sie vollkommen ge-

sättigt war, konnte durchaus keine Phosphorescenz wahrgenommen werden.

In der Meinung, daß die Erscheinung elektrischer Natur wäre, isolirte er das Gefäß, und brachte die Spitze von Saussure's Elektrometer auf den Boden desselben, während er durch einen kleinen Stofs eines isolirten metallischen Körpers die Oberfläche der Flüssigkeit zum Leuchten brachte. Aber weder durch diesen, noch durch andere Versuche, konnte das geringste Zeichen von Elektricität während der Lichterscheinung entdeckt werden.

Es wurden von Giobert ferner vergleichende Versuche angestellt mit Auflösungen, welche während des Krystallisirens den Sonnenstrahlen ausgesetzt waren, und solchen, bei denen dieß nicht der Fall war. Die Lichterscheinung schien im letzten Fall geringer als im ersten zu seyn, und es schien, daß sie geringer wäre, wenn die Krystallisation im Dunkeln und in einem Gefäße geschah, dessen Mündung mit einem Pfropfen verschlossen wurde.

Hieraus schließt Giobert, daß das Salz bloß dem Lichte, das es in der Auflösung absorbirt, die leuchtende Eigenschaft beim Krystallisiren verdanke.

Giobert scheint übrigens nur mit verschiedenen Mengen einer und derselben Auflösung seine Versuche angestellt zu haben.

In neueren Zeiten ist das Leuchten bei der Krystallisation des schwefelsauren Kalis von Berzelius und Wöhler ¹⁾ beobachtet worden. Letzterer bemerkt, daß er die Lichterscheinung bei mehreren Pfunden des Salzes beobachtet habe, welches sehr langsam aus einer erkalteten Flüssigkeit krystallisirte. Das Phänomen dauerte gegen zwei Stunden. Selbst auf die Hand genommene Stücke

1) Jahresbericht für das Jahr 1824, S. 24 (der schwed. Ausgabe) und für das Jahr 1823, S. 45 in der deutschen Uebersetzung.

Stücke der Krystallrinde fuhren im Dunkeln zu leuchten fort, und beim Zerreiben zeigte sich das Leuchten besonders stark. Wurde mit einem Glasstabe auf der unter der Flüssigkeit sich befindenden Krystallrinde hin- und hergefahren, so wurden die ganzen Striche leuchtend. Als dieselbe Salzmasse durch Erhitzen der Flüssigkeit wieder aufgelöst, unter denselben Umständen wieder erkalten und krystallisiren gelassen wurde, zeigte sich die Erscheinung zum zweiten Male nicht wieder.

Später noch hat Pleischl in Prag das Leuchten beim schwefelsauren Kali, aber nicht beim einfach-, sondern beim doppelt-schwefelsauren Kali wahrgenommen ¹⁾. Er hat nicht angegeben, auf welche Art das Salz bereitet und ob es, vor der Auflösung im Wasser, geschmolzen worden war, oder nicht.

Von Lichterscheinungen, welche beim Krystallisiren anderer Salze beobachtet worden sind, sind mir nur folgende bekannt.

Herrmann beobachtete starke Funken bei einer schwefelsauren Kobaltoxydauflösung, welche mit Kali vermischt und der Krystallisation bei einer Kälte von -12° unterworfen worden war, beim Abgießen der Lauge von den Krystallen ²⁾. Er giebt nicht an, ob die abgeschiedenen Krystalle schwefelsaures Kali enthielten, oder vielleicht vorzugsweise daraus bestanden.

Berzelius bemerkte Lichterscheinungen bei der Krystallisation des Fluornatriums, als er eine gesättigte Auflösung des Salzes unter sehr langsamer Abdampfung anschiesßen ließ ³⁾. Bei der Dämmerung im Zimmer bemerkte er eine Menge blafsgelber, aber ziemlich starker Lichtfunken, die bald von diesem, bald von jenem Punkte von den sich bildenden Krystallen ausschossen.

1) Baumgartner's Zeitschrift für Physik, Bd. III S. 220.

2) Jahrbuch für Chemie und Physik, Bd. X S. 75.

3) Jahresber. für das J. 1823, S. 44, in der deutschen Uebersetzung.
Poggendorff's Annal. Bd. LII.

Bewegung brachte ein dichteres Funkeln hervor; es fuhr fort, bis das die Flüssigkeit fast ganz verdunstet war. Als am folgenden Tage mit demselben Gefäße und Salze und auf derselben Kapelle der Versuch wiederholt werden sollte, konnte die Lichterscheinung nicht wieder hervorgerufen werden.

Beim Krystallisiren der salpetersauren Strontianerde bemerkte Pfaff Lichtfunken, besonders beim Berühren der Krystalle mit einem Glasstabe oder Metalldrahte, und auch beim Schütteln. Beim Wiederauflösen und Wiederkrystallisiren liefs sich diese Erscheinung bei der mannigfaltigsten Abänderung nicht wieder hervorrufen ¹).

E. Stieren beobachtete ebenfalls ein Leuchten beim Krystallisiren der salpetersauren Strontianerde. Die Auflösung derselben enthielt einen Ueberschufs von Säure, und war durch Zersetzung von Schwefelstrontium vermittelst verdünnter Salpetersäure erhalten worden. Bei kleinen Mengen und bei neutralen Lösungen konnte die Erscheinung nicht bemerkt werden ²).

Ich habe viele Untersuchungen nicht nur über die Lichterscheinungen beim Krystallisiren des schwefelsauren Kalis angestellt, sondern dieselben auch auf andere Salze ausgedehnt, bei denen ich ähnliche Erfolge wie bei jenem Salze erwarten konnte. Ich werde meine Versuche mit dem schwefelsauren Kali zuerst mittheilen, da ich sie am mannigfaltigsten modificirt habe, und sie es sind, welche mir zeigten, wie diese Lichterscheinungen auch bei der Krystallisation einiger anderer Salze zu erhalten sind.

1) L. Gmelin's Handbuch der theoret. Chemie, Bd. I S. 103.

2) Pharmaceut. Centralblatt für 1836, S. 400.

Schwefelsaures Kali.

Wurden Krystalle von schwefelsaurem Kali in heissem Wasser aufgelöst, so konnte beim Erkalten und beim HerauskrySTALLISIREN des Salzes nie eine Lichterscheinung bemerkt werden, wie auch der Versuch abgeändert werden mochte. Dieser negative Erfolg konnte und mußte erwartet werden aus den Resultaten, welche ich bei der arsenichten Säure erhalten hatte. Nur die glasartige Säure giebt bei ihrer KrySTALLISATION aus einer chlorwasserstoffsäuren Auflösung eine Lichterscheinung, nicht die porcellanartige, oder die, welche durch KrySTALLISATION erhalten, und wiederum unter ähnlichen Verhältnissen in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst worden war, wie die glasartige.

Ich schmolz bedeutende Mengen von schwefelsaurem Kali in einem grossen Platingefässe, wozu bekanntlich eine nicht unbedeutende Hitze erfordert wird. Die geschmolzene Masse erkaltete langsam. Sie war vollkommen krySTALLINISCH, und hatte dieselben deutlichen Blätterdurchgänge wie das aus wässrigen Auflösungen krySTALLISIRTE Salz. Beim Auflösen in heissem Wasser und beim KrySTALLISIREN konnte keine Lichterscheinung beobachtet werden, obgleich der Versuch mannigfaltig modificirt wurde. Aber es konnte diese Erscheinung wiederum nicht erwartet werden, da sich das geschmolzene Salz von dem aus einer wässrigen Auflösung krySTALLISIRTEN nicht unterschied.

Ich suchte deshalb das schwefelsaure Kali in einem geschmolzenen amorphen, glasartigen Zustand zu erhalten, indem ich es mit mehreren Salzen mengte. Das schwefelsaure Kali gehört bekanntlich zu den schwer schmelzbaren Salzen, aber es wird auffallend leicht schmelzbarer, wenn es mit Natronsalzen, namentlich mit schwefelsaurem Natron, gemengt wird. Ich habe vorzüglich

die Versuche mit einem Gemenge von schwefelsaurem Kali und entwässertem schwefelsauren Natron mannigfaltig verändert angestellt.

Gleiche Atomgewichte beider Salze, also ungefähr 11 Gewichtstheile des schwefelsauren Kalis und 9 von schwefelsaurem Natron, geben ein leichtschmelzbares Gemenge. Die im Platintiegel geschmolzene Masse ist glasartig; beim Erkalten bekommt sie unzählige Risse und zerspringt. Dabei habe ich kein Leuchten im Dunkeln beobachten können. Nach dem Erkalten ist sie bröcklich. Man könnte sie für krystallinisch halten, aber sie ist es nicht; nur durch ungleiches Zusammenziehen beim Erkalten entsteht die große Menge der Sprünge, welche beim ersten Anblick für Blätterdurchgänge gehalten werden können. Die Bruchstücke haben vollständigen glasischen Bruch.

Durch das Mikroskop kann man sich vollständiger überzeugen, daß die geschmolzene Masse nur glasartig, nicht krystallinisch ist.

Wird das geschmolzene Salzgemenge mit Wasser gekocht, die gesättigte Auflösung möglichst heiß filtrirt, und läßt man dieselbe sehr langsam erkalten, so finden im Dunkeln bei der Krystallisation dieselben Lichterscheinungen statt, wie bei der Krystallisation der glasartigen arsenichten Säure. Die Bildung von jedem Krystall ist mit einem starken Lichtfunken begleitet.

Werden die erhaltenen Krystalle noch einmal aufgelöst und auf dieselbe Weise behandelt, so bemerkt man bei der Krystallbildung nie eine Lichterscheinung.

Die erhaltenen Krystalle haben vollständig die Form des gewöhnlichen schwefelsauren Kalis, und unterscheiden sich durchaus nicht von demselben. Die Lichterscheinung scheint also hier durch dieselben Umstände bedingt zu seyn, wie die, welche bei der Krystallisation der glasartigen arsenichten Säure stattfindet. Durch das Schmelzen mit schwefelsaurem Natron ist das schwe-

felsaure Kali in den glasartigen Zustand versetzt worden; wird das geschmolzene Salz in Wasser aufgelöst, so scheidet es sich beim Erkalten im krystallisirten Zustand aus. Es scheint also, daß dieß Salz sich auch im glasartigen Zustand auflöst, und daß durch den Uebergang in den krystallisirten Zustand die Lichterscheinung bedingt wird.

Die ausgeschiedenen Krystalle des Salzes phosphoresciren, wenn man sie aus der Flüssigkeit nimmt, und reibt, oder auch nur stark berührt. Das Licht, welches durch's Reiben entsteht, ist aber bedeutend schwächer als das, welches sich bei der Krystallbildung gezeigt hat. Nach einigen Stunden zeigen aber auch die Krystalle durch's Reiben kein phosphorescirendes Licht mehr.

Es findet ein bedeutender Unterschied in dieser Hinsicht zwischen den Krystallen dieses Salzes und denen, die sich unter starker Lichtentwicklung aus der Auflösung der glasartigen arsenichten Säure abgesetzt haben. Diese zeigen nach ihrer Bildung durch's Reiben ein stärkeres phosphorescirendes Licht, und behalten die Eigenschaft, durch's Reiben dieselbe hervorzubringen, weit länger. Reibt man, selbst nach 12 Stunden, die Krystallrinden mit einem Glasstab, so kann man dadurch leuchtende Streifen hervorbringen. Nach einigen Tagen ist aber auch bei der arsenichten Säure diese Eigenschaft verschwunden.

Die Lichterscheinung bei der Krystallisation des schwefelsauren Kalis kann aber in vielen Fällen nicht mit der Bestimmtheit hervorgebracht werden, wie die bei der Krystallisation der arsenichten Säure. Die verschiedenen Ursachen des Nichtgelingens dieser Erscheinung unter scheinbar gleichen Umständen aufzufinden, erforderte eine große Reihe von Versuchen; sie konnten erst nach langen und vergeblichen Bemühungen erkannt werden.

Werden die beiden Salze, das schwefelsaure Kali

und das schwefelsaure Natron, in dem angeführten Verhältniß zusammengeschmolzen, so muß die geschmolzene Masse bald, einige Stunden nach dem Erkalten, mit Wasser behandelt werden, wenn man die Lichterscheinung beim Krystallisiren des Salzes beobachten will. Läßt man sie 24 Stunden liegen, so zeigt sich bei der Krystallisation nur bei der Bildung weniger Krystalle ein Leuchten, und läßt man die Masse noch längere Zeit, einige Tage, liegen, so ist eine Lichterscheinung gar nicht zu bemerken.

Diese Versuche wurden auf die Weise angestellt, daß eine bedeutende Menge des Salzgemenges geschmolzen und ein Theil der geschmolzenen Masse sogleich aufgelöst wurde. Zeigte sich beim Krystallisiren des Salzes aus der Auflösung eine starke Lichterscheinung, so wurden die andern Theile der geschmolzenen Masse kürzere oder längere Zeit für die Versuche aufbewahrt.

Durch längeres Liegen der geschmolzenen Masse scheint also das Salz aus dem glasartigen Zustand in den krystallinischen überzugehen. Bewahrt man das geschmolzene Salz ziemlich lange auf, so bedeckt es sich häufig mit einem Mehle von schwefelsaurem Natron, bisweilen aber auch nicht.

Hierbei machte ich eine Bemerkung, welche wohl Beachtung verdient. Wurde die geschmolzene Masse, von welcher ich mich durch's Auflösen eines Theils überzeugt hatte, daß beim Krystallisiren derselben eine Lichterscheinung hervorgebracht wurde, vollkommen gegen den Zutritt der Luft aufbewahrt, so behielt sie die Fähigkeit bei, auch nach mehreren Tagen nach dem Auflösen beim Krystallisiren eine Lichterscheinung zu zeigen.

Bei der arsenichten Säure zeigt sich ganz etwas Aehnliches. Christison ¹⁾ hat die Bemerkung gemacht, daß wenn glasartige arsenichte Säure unter Wasser aufbewahrt wird, sie den glasartigen Zustand beibehält, und

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXVI S. 494.

nicht in den porcellanartigen übergeht. Ich fand diese Thatsache bestätigt. Ich habe glasartige arsenichte Säure sowohl unter Wasser, als auch unter Alkohol mehrere Jahre hindurch aufbewahrt, und gefunden, daß sie glasartig bleibt, während ein Theil derselben Säure durch's Aufbewahren an der Luft nach einiger Zeit porcellanartig wurde. Dieselbe glasartige Säure wurde ferner mehrere Jahre hindurch trocken, aber beim vollkommenen Ausschluss der Luft aufbewahrt; sie blieb in diesem Falle vollkommen glasartig.

In vielen Fällen konnte bei Wiederholung der Versuche unter scheinbar gleichen Umständen die Lichterscheinung bei der Krystallisation des schwefelsauren Kalis nicht bemerkt werden. Wenn dies indessen der Fall war, so sah ich deutlich, daß die Krystallisation des Salzes eine andere war, als die, wenn die Lichterscheinung stattgefunden hatte. Im letzteren Falle war kein wasserhaltiges schwefelsaures Natron mit seiner bekannten Form herauskrystallisirt, oder nur wenig davon, und dies erst spät. War aber die Lichterscheinung nicht bemerkt worden, so hatte neben den Krystallen des schwefelsauren Kalis eine große Menge von wasserhaltigem schwefelsauren Natron sich durch's Erkalten abgeschieden.

Dieser Umstand erregte meine Aufmerksamkeit. Ich hatte mich schon bei den ersten Versuchen überzeugt, daß das schwefelsaure Kali, welches sich unter Lichterscheinung durch's Krystallisiren ausgeschieden hatte, vor dem Löthrohr auf Platindraht geschmolzen, der Flamme eine gelbliche Farbe mittheilt, wie dies Natronsalze zu thun pflegen. Ich legte aber auf diese Erscheinung wenig Gewicht, da es bekannt ist, wie außerordentlich kleine Mengen von Natronsalz, mit vielem Kalisalz gemengt, die gelbe Farbe der Löthrohrflamme hervorbringen.

Spätere Untersuchungen zeigten indessen, daß die unter Lichterscheinung ausgeschiedenen Krystalle nicht aus schwefelsaurem Kali bestehen, sondern ein Doppel-

pelsalz aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron, letzteres im wasserfreien Zustand, sind, das nicht nur vollkommen die Krystallform des reinen schwefelsauren Kalis hat, sondern auch das äufsere Ansehen, und viele seiner Eigenschaften mit demselben theilt.

Mehrere Versuche des zu verschiedenen Zeiten unter Lichtentwicklung dargestellten krystallisirten Salzes zeigten, dafs der Schwefelsäuregehalt desselben 48,3 bis 48,5 Procent betrage. Diefs entspricht ungefähr einer Verbindung von 2 Atomen schwefelsaurem Kali und einem Atom schwefelsaurem Natron, welche der Berechnung nach im Hundert besteht aus:

Schwefelsäure	48,91
Kali	38,38
Natron	12,71
	<hr/> 100,00.

Der Schwefelsäuregehalt im schwefelsauren Kali beträgt 45,93 Procent, der des schwefelsauren Natrons 56,18 Procent.

Die Krystalle des Salzes decrepitiren so heftig, wie die des reinen schwefelsauren Kalis.

In dem Doppelsalze scheinen indessen die beiden näheren Bestandtheile sich in verschiedenen Verhältnissen zu verbinden. Als ich bei Krystallen, die unter Lichterscheinung sich ausgeschieden hatten, durch Platinchloridauflösung die Menge des Kalis bestimmte, erhielt ich in einem Versuche 35,7, in einem anderen 34,8 Proc. Kali. Diefs würde einer Zusammensetzung von 3 Atomen schwefelsaurem Kali und zwei Atomen von schwefelsaurem Natron entsprechen. — Ich lasse es unentschieden, ob das Salz, welches unter Lichterscheinung krystallisirt, ein Doppelsalz, nach einem bestimmten Verhältniss zusammengesetzt, sey, und dafs die verschiedenen Resultate der Analyse davon herrühren, dafs dasselbe mit freiem schwefelsauren Kali gemengt sich abgeschie-

den hat, oder ob in dem Doppelsalze die näheren Bestandtheile als isomorph sich in mannigfaltigen Verhältnissen mit einander verbinden können.

Krystallisirte das Salz ohne Lichtentwicklung, so war der Schwefelsäuregehalt in demselben bedeutend gröfser, es enthielt also mehr schwefelsaures Natron. Liefs man die Flüssigkeit darauf länger erkalten, so krystallisirte wasserhaltiges schwefelsaures Natron, was nicht, oder in einem nicht bedeutenden Maafse der Fall ist, wenn bei der Krystallisation eine Lichtentwicklung stattgefunden hat. — Bei der Untersuchung eines krystallisirten Salzes, das sich ohne Lichtentwicklung ausgeschieden, welches scheinbar auch die Krystallform des schwefelsauren Kalis hatte, und das von der Flüssigkeit getrennt worden war, ehe in ihr wasserhaltiges schwefelsaures Natron krystallisirte, erhielt ich 50,41 Proc. Schwefelsäure. Es enthielt also viel schwefelsaures Natron gemengt.

Die Lichtentwicklung bei der Krystallisation wird also in diesem Falle dadurch bedingt, dafs ein Doppelsalz aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron, nicht reines schwefelsaures Kali, in einem geschmolzenen glasartigen Zustand in Wasser aufgelöst wird, und aus diesem Zustand in den krystallisirten übergeht. Die Lichtentwicklung findet also unter gleichen Umständen statt, wie die bei der Krystallisation der arsenichten Säure.

Aber da die näheren Bestandtheile des Doppelsalzes nicht durch starke Verwandtschaft gebunden sind, so scheiden sich oft in der Auflösung dieselben von einander, und die Salze, aus denen jenes Doppelsalz besteht, krystallisiren dann einzeln, das eine im reinen Zustande als wasserfreies, das andere als wasserhaltiges Salz.

Wenn diefs aber der Fall ist, so findet bei der Krystallisation der einzelnen Salze keine Lichtentwicklung statt. Diefs ist der Grund, weshalb diese Lichterschei-

nung bisweilen, wenn man sie willkürlich hervorrufen will, nicht stattfindet, was bei der, die bei der Krystallisation der arsenichten Säure sich zeigt, nicht der Fall ist.

Die Bedingungen, bei welchen das Doppelsalz nicht als solches aus seiner Auflösung krystallisirt, sondern in seine Bestandtheile zerfällt, sind schwer zu bestimmen, da sie von scheinbar unbedeutenden Ursachen herzurühren scheinen. Eine mehr niedrige Temperatur beim Auflösen des geschmolzenen Salzes und langsames Abdampfen scheint die Zersetzung des Doppelsalzes zu befördern, während ein Kochen beim Auflösen die Lichtentwicklung bei der Krystallisation zu befördern scheint. — Dafs durch ein längeres Aufbewahren der geschmolzenen Masse sie den glasartigen Zustand verliert, und dadurch ebenfalls wohl in ihre näheren Bestandtheile zerfällt, ist schon oben erwähnt worden.

Die leichte Zersetzbarkeit hat übrigens dieses Doppelsalz mit vielen andern gemein. Viele Doppelsalze werden oft schon durch kaltes Wasser zersetzt, und ihre näheren Bestandtheile werden nur durch besondere Umstände wieder zu dem Doppelsalze verbunden. Besonders ist dies der Fall, wenn die beiden Salze, aus denen das Doppelsalz besteht, eine sehr verschiedene Auflöslichkeit im Wasser haben. Von den Doppelsalzen, welche die Schwefelsäure bildet, werden der Gay-Lussit und der Glauberit besonders leicht, schon durch Behandlung mit kaltem Wasser zersetzt.

Das Verhältnifs, in welchem schwefelsaures Kali und schwefelsaures Natron zusammengeschmolzen werden müssen, um bei der Behandlung mit Wasser das krystallisirte Doppelsalz unter Lichtentwicklung zu erzeugen, ist nicht gleichgültig. Gleiche Atome beider Salze, im wasserfreien Zustand, scheint hierfür das beste Verhältnifs zu seyn; denn mengt man die Salze in dem Verhältnifs, wie sie im Doppelsalze enthalten zu seyn scheinen, so schmel-

zen sie bei weitem schwerer, die geschmolzene Masse zerbröckelt beim Erkalten zu stark, und nach der Behandlung mit Wasser erhält man beim Krystallisiren nur eine schwache Lichterscheinung. Selbst ein Gemenge von 3 Atomen vom schwefelsauren Kali und 2 Atomen vom schwefelsauren Natron schmilzt sehr schwer, zerbröckelt beim Erkalten stark, und beim Krystallisiren des Salzes ist die Lichtentwicklung nur schwach. — Die zerbröckelten Stücke erschienen indessen unter dem Mikroskope vollkommen glasartig.

Wenn schwefelsaures Kali und wasserhaltiges schwefelsaures Natron nicht zusammengeschmolzen, sondern mit Wasser längere Zeit gekocht werden, und man darauf die filtrirte heisse Auflösung langsam erkalten läßt, so entsteht bisweilen eine sehr schwache Lichterscheinung bei der Krystallisation. Es sind indessen nur sehr wenige Lichtfunken, die sich zeigen, und die Lichterscheinung ist nicht mit der zu vergleichen, welche durch Krystallisation der Auflösung des geschmolzenen Salzes entsteht.

Sollte die Erklärung, welche ich von der Ursache der Lichterscheinung bei der Krystallisation des geschmolzenen Doppelsalzes gegeben habe, die richtige seyn, so ist diese Thatsache in sofern interessant, als sie zeigt, daß schon beim Kochen der beiden nicht geschmolzenen Salze mit Wasser das Doppelsalz, und zwar zum Theil in einem Zustande gebildet wird, wie es in der Auflösung des geschmolzenen Salzes enthalten ist.

Das Doppelsalz aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron scheint man bis jetzt noch nicht gekannt zu haben. Das schwefelsaure Natron in demselben hat nicht die Eigenschaft, aus einer gesättigten wässrigen Auflösung durch's Kochen als wasserfreies Salz gefällt zu werden; eine Eigenschaft, welche bekanntlich dem reinen schwefelsauren Natron eigenthümlich ist. — Setzt man zu einer, bei 33° C. gesättigten Auflösung

von schwefelsaurem Natron schwefelsaures Kali im gepulverten Zustand, so wird wenig von demselben aufgelöst; die Auflösung läßt durch's Kochen noch wasserfreies schwefelsaures Natron fallen. Setzt man aber zu dieser Auflösung eine heisse gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Kali, so fällt durch's Kochen kein wasserfreies Salz nieder.

In früheren Zeiten wurde bei vielen technisch-chemischen Processen, bei der Bereitung der Salpetersäure, auch bei der der Schwefelsäure schwefelsaures Kali als Nebenproduct in so großen Massen gewonnen, daß die Fabrikanten wegen der zweckmäßigen Anwendung dieses Salzes in Verlegenheit kamen. Nach der allgemeinen Anwendung des in Chili vorkommenden salpetersauren Natrons ist indessen bekanntlich das schwefelsaure Kali so bedeutend im Preise gestiegen, daß dieser Umstand bei der Alaunfabrikation von großer Wichtigkeit geworden ist. Nach dieser Zeit habe ich beständig das im Handel vorkommende schwefelsaure Kali sehr natronhaltig gefunden. Das käufliche Salz hatte dann vollkommen die Form des schwefelsauren Kalis, und enthielt das Natron als wasserfreies schwefelsaures Natron. Das käufliche Salz enthielt also das beschriebene Doppelsalz.

In diesem Doppelsalze ist das Natron mit dem Kali isomorph, was sonst nicht der Fall ist; denn auch das in der Natur vorkommende wasserfreie schwefelsaure Natron (Thenardit) hat nicht die Form des schwefelsauren Kalis. Es scheint, daß wenn ein Kalisalz mit einem entsprechenden Natronsalz zusammenkrystallisirt, das Doppelsalz in den Fällen die Form des Kalisalzes annimmt, wenn in demselben mehr Atome des Kalisalzes als Atome des Natronsalzes enthalten sind.

Durch neuere Untersuchungen wissen wir, daß in den gemeinen Feldspäthen, auch selbst im Adular Natron enthalten ist, daß also diese Feldspäthe eigentlich Verbindungen von Kalifeldspath und von Natronfeldspath (Al-

bit) sind. Aber da in allen mehr Atome des ersteren als des letzteren enthalten sind, so haben sie die Form des Kalifeldspaths und nicht die des Albits.

Das Doppelsalz aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron entsteht, ausser durch unmittelbares Zusammenschmelzen beider näheren Bestandtheile, noch auf mannigfaltige andere Weise, und immer wird die Krystallisation aus einer heissen Auflösung des geschmolzenen Doppelsalzes mit einer Lichterscheinung begleitet.

Es entsteht besonders, wenn schwefelsaures Kali mit Chlornatrium zusammengeschmolzen wird. Wird die geschmolzene Masse mit heissem Wasser auf dieselbe Weise behandelt, wie das geschmolzene Gemenge von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron, so entsteht bei der Krystallisation die schönste Lichterscheinung, und die ausgeschiedenen Krystalle haben ganz die Form des schwefelsauren Kalis. Sie bestehen aber aus dem Doppelsalze von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron; sie enthalten nicht eine Spur von Chlormetall, wenn sie im zerriebenen Zustande so lange mit kaltem Wasser abgewaschen werden, bis das Waschwasser die Silberoxydauflösung nicht mehr trübt. Bei der Untersuchung gaben sie 48,5 Proc. Schwefelsäure.

Es scheint, dafs das Doppelsalz aus diesem geschmolzenen Gemenge besser entsteht, als aus dem aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron erhaltenen. Die Lichterscheinung bei der Krystallisation erfolgt wenigstens regelmässiger, und es scheiden sich nicht Krystalle vom wasserhaltigen schwefelsauren Natron ab.

Ich fand, dafs das beste Verhältnifs, in welchem Chlornatrium mit schwefelsaurem Kali zusammengeschmolzen werden mufs, um bei der Krystallisation der Auflösung die beste Lichterscheinung zu erhalten, ein Gewichtstheil Chlornatrium und 2 Theile schwefelsaures Kali sey. Das sind nicht gleiche Atomgewichte beider Salze, denn in diesem Falle hätten 1,3 Th. Chlornatrium mit

2 Th. schwefelsaurem Kali zusammengeschmolzen werden müssen.

Auch durch's Zusammenschmelzen von schwefelsaurem Kali mit kohlsaurem Natron erhält man eine geschmolzene Masse, aus deren heiß bereiteter Auflösung die Krystalle des Doppelsalzes unter sehr starker Lichterscheinung beim Erkalten sich abscheiden. Auch hierbei ist es gut, nicht gleiche Atomengewichte von beiden Salzen anzuwenden. Ich nahm 8 Gewichtstheile vom schwefelsauren Kali und 3 Theile vom wasserfreien kohlsauren Natron, welche beide in diesem Verhältniß sehr gut zusammenschmolzen.

Werden beide Salze, schwefelsaures Kali und kohlsaures Natron, in verschiedenen Verhältnissen zusammengeschmolzen, und die zusammengeschmolzenen Massen mit einem Ueberschuß von Essigsäure, die mit vielem starken Alkohol vermischt ist, behandelt, so bleibt das Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron ungelöst. Aber dieses so gebildete Doppelsalz, das sich in kleinen Krystallen ausgeschieden hatte, gab eine Auflösung, welche beim Krystallisiren keine Lichterscheinung gab, und auch keine geben konnte.

Ich erhielt ferner durch's Zusammenschmelzen von Chlorkalium mit wasserfreiem schwefelsauren Natron, und Auflösung der geschmolzenen Masse bei der Krystallisation das Doppelsalz unter starker Lichterscheinung.

Durch Zusammenschmelzen von schwefelsaurem Kali, sowohl mit Borax als auch mit phosphorsaurem Natron, konnte das Doppelsalz nicht erhalten werden, und also auch keine Lichterscheinung bei der Krystallisation der Auflösungen der geschmolzenen Massen.

Durch vielfältige Versuche habe ich mich überzeugt, daß das schwefelsaure Kali bei der Krystallisation nie eine Lichterscheinung giebt, wenn es mit Salzen, welche nicht Natron enthalten, zusammengeschmolzen wird. Ich habe das schwefelsaure Kali mit kohlsaurem Kali, mit

Chlorkalium, mit schwefelsaurem Silberoxyd, mit schwefelsaurer Talkerde, ferner das schwefelsaure Natron mit schwefelsaurem Silberoxyd, mit schwefelsaurem Kupferoxyd, mit molybdänsaurem Kali und mit wolframsaurem Kali, oft auch diese Salze in verschiedenen Verhältnissen zusammengeschmolzen, ohne beim Erkalten der Auflösung der geschmolzenen Masse eine Lichterscheinung bei der Krystallisation wahrnehmen zu können.

Da das schwefelsaure Silberoxyd die Form des wasserfreien schwefelsauren Natrons hat, so erwartete ich durch's Zusammenschmelzen desselben mit schwefelsaurem Kali und Auflösung der geschmolzenen Masse beim Krystallisiren eine Lichterscheinung. Aber die geschmolzene Masse war krystallinisch.

Ich habe ferner mehrere andere Kalisalze mit den analogen Natronsalzen zusammengeschmolzen, ohne in der Auflösung der geschmolzenen Masse bei der Krystallbildung Lichterscheinungen wahrnehmen zu können. Ich erhielt wenigstens negative Resultate durch Zusammenschmelzen von kohlsaurem Kali mit kohlsaurem Natron, von Chlorkalium mit Chlornatrium, von salpetersaurem Kali mit salpetersaurem Natron.

Es ergibt sich also, daß von den Kalisalzen es nur das Doppelsalz, aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron bestehend, zu seyn scheint, welches bei der Krystallisation eine Lichterscheinung zeigt, und zwar auch nur dann, wenn es im geschmolzenen unkrystallinischen Zustand aufgelöst worden ist.

Ich habe oben angeführt, daß Pleischl eine Lichterscheinung bei der Krystallisation des zweifach schwefelsauren Kalis bemerkt hat. Ich habe mehrere Versuche mit diesem Salze angestellt, aber nie ein Leuchten beim Krystallisiren des Salzes bemerken können. Es ist indessen nicht unwahrscheinlich, daß das zweifach schwefelsaure Kali bei seiner Krystallisation eine Lichterscheinung geben könne. Denn dieses Salz bildet nach

dem Schmelzen einen vollkommen klaren, durchscheinenden Kuchen, der aber nach kurzer Zeit milchicht und undurchsichtig wird. Es sind dies Bedingungen, unter denen man in der Auflösung des geschmolzenen Salzes bei der Krystallisation eine Lichterscheinung erwarten könnte. Aber es ist bekannt, wie leicht das Salz sich bei seiner Auflösung in Wasser zersetzt. Löst man es in sehr wenig heißem Wasser auf, so fällt das Salz beim Erkalten als Pulver nieder; wendet man mehr Wasser zur Auflösung an, so zersetzt es sich sehr leicht in neutrales schwefelsaures Kali, welches aus der Auflösung krystallisirt und in freie Schwefelsäure. Um dieses Zerfallen des Salzes zu verhindern, muß zur Auflösung freie Schwefelsäure hinzugefügt werden. Man erhält dann freilich größere Krystalle des Salzes, aber sie sind nicht durch unmittelbare Auflösung des geschmolzenen Salzes in Wasser entstanden.

(Schluß im nächsten Heft.)

VII. *Mechanische Verbreitung von Salzlösung in der Luft.*

In einer Fabrik, der ich seit längerer Zeit vorgestanden, wurde eine Erfahrung gemacht, die dem wissenschaftlichen Publikum vielleicht nicht allgemein bekannt seyn dürfte. Zum Behufe der Gewinnung von Bleiweiß wurde kohlenaures Gas mittelst einer archimedischen Schnecke in Bleilösung geleitet. Obwohl diese Lösung nur die gewöhnliche Temperatur besaß, so wurde die Atmosphäre des Locals doch bald in dem Grade mit Bleitheilchen angeschwängert, daß die Arbeiter Bleikolik bekamen, und besondere Vorkehrungen getroffen werden mußten, um sie dagegen zu schützen.

Kindler.

VIII. *Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Feldspaths und anderer verwandter Gattungen.*

Die in dem Folgenden mitgetheilten Untersuchungen sind die Resultate von Analysen, die in den letzten Jahren von verschiedenen jungen Chemikern, die sich in dem Laboratorium vom Prof. H. Rose mit practischer Chemie beschäftigten, ausgeführt sind. Sie wurden auf meine Veranlassung unternommen, und ich wollte sie mit andern Untersuchungen vereint, nicht ohne vollständige Beschreibung der analysirten Gattungen bekannt machen. Da ich indessen jetzt noch zu sehr mit andern Arbeiten beschäftigt bin, so schien es mir nützlich, ihre Bekanntmachung nicht länger aufzuschieben, wenn ich sie auch jetzt nur mit wenigen mineralogischen Bemerkungen begleiten kann.

I. Feldspath.

Die Analysen des Feldspaths wurden angestellt, um auszumachen, ob der Natrongehalt, der nach den Untersuchungen von Abich in allen Abänderungen des glasigen Feldspaths enthalten ist ¹⁾, nicht auch in den übrigen Abänderungen des Feldspaths, dem Adulare und dem sogenannten gemeinen Feldspath, wenn auch in geringerer Menge, vorkomme, indem es leicht möglich wäre, daß derselbe bei den früheren Analysen des Feldspaths übersehen worden sey. Die angestellten Analysen bestätigten diese Meinung vollkommen, und gaben so ein Resultat, zu welchem unterdessen auch Abich selbst in

1) Vergl. Poggendorff's Annalen, Bd. L S. 139 etc.

einer neueren Abhandlung ¹⁾ gelangt war, zu dessen Bestätigung sie nun dienen.

Die Analysen betreffen den Adular vom Gotthardt, und den gemeinen Feldspath von Schwarzbach im Riesengebirge und von Alabaschka bei Mursinsk im Ural.

Der Adular vom Gotthardt ist bekannt; es wurde von ihm ein durchsichtiges Stück von einem größeren Krystall zur Analyse genommen.

Der Feldspath von Schwarzbach kommt in grossen schönen Krystallen in den Drusenräumen von Granit vor. Er ist im Bruch lichte röthlichweiss, und nur an den Kanten durchscheinend. Die Krystalle erreichen zuweilen eine bedeutende Grösse, haben auf der Oberfläche häufig einen Anflug von rothem Eisenoxyd, und sind auf den Seitenflächen des rhombischen Prismas mit kleinen durchsichtigen und wasserhellen Krystallen von Albit besetzt. Die Albitkrystalle sind auf die bekannte Weise regelmässig mit dem Feldspath verwachsen, aber die Masse des Albits schneidet scharf an der des Feldspaths ab, und dringt durchaus nicht in diese ein, was bei der grossen Verschiedenheit beider Substanzen in Farbe und Durchsichtigkeit deutlich zu erkennen ist.

Der Feldspath von Alabaschka ist gelblichweiss, an den Kanten durchscheinend, und kommt in zum Theil noch größeren Krystallen als der vorige, ebenfalls in den Drusenräumen von Granit vor ²⁾.

Die Analysen der beiden ersteren Abänderungen wurden von dem Hrn Awdeëff, Capitain bei dem Kaiserlich russischen Bergkorps in Petersburg, die der letzten von Hrn. Mofs aus Philadelphia angestellt. Von jeder Abänderung wurden zwei Analysen gemacht; bei

1) A. a. O. Bd. LI S. 519 etc.

2) Vollständigere Nachrichten über diesen Feldspath finden sich in G. Rose's mineralog. geogn. Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere, Th. I S. 443.

der einen (I) wurde der Feldspath mit kohlensaurem Natron, bei der zweiten (II) mit Fluorwasserstoffsäure aufgeschlossen, und durch diese vorzugsweise die Alkalien, durch jene die übrigen Bestandtheile bestimmt.

Die Analyse des Adulars vom Gotthardt gab:

	I.	II.	Mittel.	Sauerstoffgehalt.	
Kali	—	14,17	14,17	2,40	} 1
Natron	—	1,44	1,44	0,37	
Kalkerde	Spur	—	Spur		
Talkerde	Spur	—	Spur		
Thonerde	17,88	18,69	18,28	8,54	3
Eisenoxyd	Spur	—	Spur		
Kieselsäure	65,75		65,75	34,16	12
			99,64.		

Die Analyse des Feldspaths von Schwarzbach:

	I.	II.
Kali	—	8,85
Natron	—	5,06
Kalkerde	0,21	
Talkerde	0,31	
Thonerde	20,03	
Eisenoxyd	0,18	
Kieselsäure	67,20.	

Die Analyse des Feldspaths von Alabaschka:

	I.	II.
Kali	—	10,18
Natron		3,50
Kalkerde	0,11	0,11
Talkerde	—	—
Thonerde	20,77	21,10
Eisenoxyd	—	
Kieselsäure	65,91	

Aus diesen Analysen, verglichen mit denen von Abich, geht hervor, dafs der durchsichtige auf Gängen in dem metamorphischen Gebirge des Gotthardt vorkommende Feldspath (Adular) die geringste Menge Natron enthält; 1,44 Proc. nach A w d e ö f f, 1,01 Proc. nach Abich, der aber ausserdem noch 1,34 Proc. Kalkerde darin an giebt. Der nur an den Kanten durchscheinende (so genannte gemeine) Feldspath aus dem Granit enthält davon in der Regel mehr; der Natrongehalt variirt bei diesem von 1,25 Proc. (bei dem Feldspath von Baveno nach Abich) bis 5,06 Proc. (bei dem Feldspath von Schwarzbach), ist also zuweilen noch gröfser als bei dem in dem neueren vulkanischen Gebirge vorkommenden glasigen Feldspath, wo er nach den Untersuchungen von Abich und Berthier nur höchstens 4,1 Proc. beträgt.

2. Albitähnliches Mineral aus Pensylvanien.

Das Stück, von welchem zur Analyse genommen wurde, ist ein tafelartiges Bruchstück eines gröfseren Krystalls, das Hr. Prof. Weifs schon vor mehreren Jahren unter einer Parthie nordamerikanischer Mineralien für die Königliche Sammlung in Berlin erworben hatte. Es ist im Ganzen von der Gestalt der Haüy'schen primitiven Form des Feldspaths, die Hauptflächen der Tafel werden von der deutlichsten Spaltungsfläche *P* gebildet, zwei gegenüberliegende Seitenflächen von den Flächen *M*, zwei andere gegenüberliegende von den Flächen *T'*); und alle diese Flächen sind theils Krystallflächen, theils Spaltungsflächen. Die Flächen *P* sind ziemlich glänzend; von den Seitenflächen sind die Krystallflächen matt, die Spaltungsflächen etwas glänzender. Die Flächen *P* sind aber glatt; sie haben nicht die Streifung parallel der Kante mit den Flächen *M*, die durch die beim Albit gewöhnliche Zwillingungsverwachsung entsteht; dagegen fin-

1) Vergl. die Figuren des Feldspaths in dem Atlas von Haüy.

det sich eine solche Streifung auf den Flächen *M*, die aber nicht parallel mit den Kanten von *P* geht, wie dieß auch zuweilen bei dem Albit und eben so bei dem Labrador vorkommt, sondern sehr auffallend parallel einer auf der Kante zwischen *T* und *M* ungefähr rechtwinkligen Richtung. Diese Streifung rührt demnach von einer Menge zwillingsartig eingewachsener Stücke her, deren Zwillingsene die gerade Endfläche oder eine dieser in ihrer Lage nahe kommenden Fläche ist; eine solche ist aber beim Albit gar nicht bekannt, daher die Streifung noch etwas Unerklärliches hat. Messungen der Winkel lassen sich bei dem geringen Glanze der Flächen mit dem Reflexionsgoniometer nicht anstellen; mit dem Anlegegoniometer findet man die Neigung von *P* gegen die gestreifte *M*-Fläche ungefähr rechtwinklig, die von *P* gegen *T* ungefähr 112° . Das Bruchstück ist sonst schneeweiß, an den Kanten durchscheinend, und von der Härte des Albits ¹⁾.

Die Analyse dieses Minerals wurde von Hrn. Redtenbacher aus Wien im Sommer 1839 unternommen. Derselbe stellte drei verschiedene Analysen an, eine vermittelst kohlelsauren Natrons (I), die beiden andern (II und III) vermittelst Flusssäure.

Die nach beiden Methoden abgeschiedene Thonerde verhielt sich indessen anders, als die bei andern kiesel-säurehaltigen Mineralien abgeschiedene Thonerde. Mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, blieb ein nicht unbedeutender weißer Rückstand, der beim Ausfüßen mit Wasser milchicht durch's Filtrum ging, und nur dann auf demselben erhalten werden konnte, wenn das Ausfüßungswasser mit Chlorwasserstoffsäure versetzt war. Vor dem Löthrohre zeigte dieser Rückstand die deutlichsten Reactionen von Titansäure.

Da die Menge der Titansäure nicht gut quantitativ bestimmt werden konnte, so ist sie nicht bei den Be-

1) Eine genauere Untersuchung dieses Stückes behalte ich mir noch vor.

standtheilen des Minerals besonders aufgeführt worden, sie ist indessen in der aufgeführten Menge der Thonerde enthalten. Das Resultat der drei Analysen ist folgendes:

	I.	II.	III.	Mittel.	Sauerstoffgehalt.
Natron		9,75	10,08	9,91	2,53
Kali		1,42	1,72	1,57	0,26
Kalkerde	1,60	1,36	1,35	1,44	0,40
Talkerde	0,32	0,32	0,30	0,31	0,12
Thonerde					
(titanhaltig)	19,28	19,14	20,51	19,64	9,17
Kieselsäure	67,20			67,20	34,91
				<hr/> 100,07.	

} 3,31

Nach diesen Analysen läßt sich keine passende Formel aufstellen. Für Albit ist der Gehalt an Kieselsäure zu gering, der Sauerstoffgehalt müßte dazu um fast 5 Proc. größer seyn, oder stimmt nur dann, wenn man die Kalkerde und Talkerde ganz vernachlässigt.

3. Oligoclas von Ajatskaja, nördlich von Katharinenburg im Ural.

Dieser Oligoclas findet sich in zuweilen $1\frac{1}{2}$ Zoll langen Krystallen in einer graulichweißen Grundmasse eingewachsen. Ich habe diese Krystalle schon bei einer früheren Gelegenheit in diesen Annalen ¹⁾ erwähnt, hielt sie aber dort für Labrador; die Analyse, welche im Sommer 1840 von Hrn. Francis aus London angestellt ist, bewies aber, daß sie zum Oligoclas zu rechnen sind.

Hr. Francis stellte zwei Analysen damit an, eine mittelst kohlensauren Natrons (I.) und die andere mittelst Flußsäure (II.). Sie gaben:

1) Bd. XXXIV S. 20. Vergl. auch G. Rose, Reise nach d. Ural, Th. I S. 144.

	I.	II.	Mittel.	Sauerstoffgehalt.
Natron		7,55	7,55	1,93
Kali		3,91	3,91	0,66
Kalkerde	2,11	2,22	2,16	0,60
Talkerde	1,23	0,86	1,05	0,41
Thonerde	19,68	24,97	19,68	9,46
Eisenoxyd	4,11		4,11	1,26
Kieselsäure	61,06		61,06	31,72
			99,52.	31,72=9

Die chemische Formel ist daher:



Der Oligoclas von Ajatskaja unterscheidet sich von dem von Stockholm durch einen gröfseren Gehalt an Kali und Eisenoxyd. Wahrscheinlich sind nun auch die Krystalle, die in dem antiken und dem Harzer grünen Porphyr eingewachsen, und den Krystallen von Ajatskaja so ähnlich sind, Oligoclas, und der Name Labradorporphyr ist daher für diese Gesteine in Oligoclasporphyre umzuändern.

4. Albitähnliches Mineral von Pisoje bei Popayan in Columbien.

Es findet sich in eingewachsenen Krystallen, welche breite, symmetrisch sechseckige Prismen sind, und im Allgemeinen ganz das Ansehen des Albits haben. Sie sind, wie diese, auf der deutlichsten Spaltungsfläche (*P*) stark gestreift, bilden also eigentlich stets Krystallgruppen, die aus einer Menge regelmäfsig verwachsener Individuen bestehen. Sie sind schneeweifs, jedoch stark durchscheinend, und auf den Spaltungsflächen stark glänzend, aber sind nicht eben genug, um die Gröfse der

einspringenden Winkel mit Genauigkeit zu bestimmen. Sie sind von verschiedener Gröfse, in dem Querbruche zuweilen 8 Linien lang und 5 Linien breit, gewöhnlich aber kleiner, und liegen sehr häufig in einer grünlich-grauen, harten, im Bruche splittrigen Grundmasse. Ausser den beschriebenen Krystallen finden sich darin noch eine grofse Menge, aber meistentheils sehr kleiner, Krystalle von grünlichschwarzer Hornblende, die sehr vollkommen spaltbar sind, und ferner einzelne Körner von graulichweifsem Quarz. Das Stück dieses ausgezeichneten Porphyrs, von welchem ein kleiner Theil zur Analyse der weifsen Krystalle verwandt wurde, befindet sich in der hiesigen Königlichen Sammlung, und wurde von Hrn. von Humboldt aus Amerika mitgebracht.

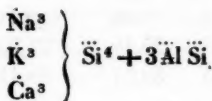
Die Analysen wurden von Hrn. Francis angestellt ¹⁾. Er machte auch hier zwei Analysen, eine mit kohlensaurem Natron, die andere mit Flufssäure; bei der letzteren wurden die Gewichtsmengen der Alkalien mit Genauigkeit bestimmt, die der Thonerde und der Kalkerde mufsten durch einen Zufall unbestimmt bleiben. In der folgenden Aufzählung der Bestandtheile sind die Resultate beider Analysen vereinigt.

Sauerstoffgehalt.			
Natron	6,19	1,58	} 4,34 = 1
Kali	0,80	0,13	
Kalkerde	9,38	2,63	
Thonerde	26,52	12,38	} 12,59 = 3
Eisenoxyd	0,70	0,21	
Kieselsäure	56,72	29,46	
<hr/>			
100,31.			

Die Sauerstoffmengen der Bestandtheile verhalten sich, wenn man die isomorphen zusammenfasst, beinahe wie

1) Hr. Francis bestimmte auch das specifische Gewicht der weifsen Krystalle, und fand dasselbe 2,64.

die Zahlen 1, 3, 7. Ist dießs Verhältniß das richtige, so würde die Formel für dießs Mineral seyn:



Das Mineral würde demnach eine neue Gattung bilden, doch scheint es wohl zweckmäßig, vor der bestimmten Annahme derselben, die Bestätigung von andern Seiten abzuwarten.

5. Labradorähnliches Mineral von Baumgarten in Schlesien.

Es ist nicht krystallisirt, sondern findet sich in einem grofskörnigen Gemenge mit schwärzlichgrüner Hornblende ¹⁾, in welchem Gemenge es den bei weiten vorherrschenden Gemengtheil ausmacht. Die körnigen Stücke sind unter einander stark verwachsen, die Spaltungsflächen derselben sind nicht sehr vollkommen, auch meistens etwas gekrümmt, ihrer Lage und Beschaffenheit aber im Allgemeinen mit dem Albit übereinstimmend; auch findet eine Streifung auf der *P*-Fläche statt, sie ist aber nicht sehr deutlich. Das Mineral ist dabei schneeweifs, nur schwach an den Kanten durchscheinend, im Bruch uneben.

Die chemische Untersuchung desselben wurde im Sommer 1838 von Hrn. Varrentrapp aus Frankfurth am Main ausgeführt. Zwei Analysen mit kohlensaurem Natron (I) und mit Flufssäure (II) angestellt, ergaben:

1) Die Hornblende hat ein nicht gewöhnliches Ansehen; die Spaltungsflächen sind sehr stark parallel ihren gegenseitigen Durchschnitten gestreift, und immer etwas gekrümmt und gebogen.

	I.	II.	Mittel.	Sauerstoffgehalt.
Natron	9,33	9,44	9,39	2,40
Kalkerde	6,75	6,38	6,54	1,84
Talkerde	0,39	0,43	0,41	0,16
Thonerde	24,98	25,48	25,23	11,78
Kieselsäure	58,55	58,27	58,41	30,27
	100,00	100,00 ¹⁾	99,98.	

Die Sauerstoffmengen der Bestandtheile stehen in keinem einfachen Verhältnisse; sie verhalten sich ungefähr wie die Zahlen 1, $2\frac{1}{2}$, 7, wonach sich keine einfache Formel bilden läßt. Im Ganzen ist die Zusammensetzung dieses Minerals nicht sehr von der des vorigen verschieden; aber es erfordert noch eine genauere Untersuchung, um zu entscheiden, ob beide zu einer und derselben Gattung gehören.

G. Rose.

- 1) In dem Ergebnifs der Analyse I ist der Natrongehalt, und in dem der Analyse II der Kieselsäuregehalt gleich dem Unterschiede der Summe der übrigen Bestandtheile von Hundert gesetzt.

IX. *Ueber die Zusammensetzung des Wolframs;
vom Grafen Franz Schaffgotsch.*

Wenn ich im Folgenden an die Stelle der herrschenden Ansicht, welche das Mineral Wolfram als ein neutrales Wolframat von Eisen- und Manganoxydul betrachtet, eine andere zu setzen suche, wonach das mit dem gedachten Erze gleichnamige Metall sich darin im Zustande niederer Oxydation befinden würde, so sehe ich mich hiezu durch eine Reihe analytischer Versuche veranlaßt, welche, obgleich zunächst nur in der Absicht an- gestellt, das bei den Wolframen verschiedener Fundorte vorkommende Schwanken des Eisen- und Manganoxydul- gehaltes aufzuklären, mich doch bald mit zwei besonde- ren Umständen bekannt machten, welche ohne Zweifel für die Kenntniß der chemischen Natur des Wolframs von gröfserer Wichtigkeit sind, als die wechselseitige Vertretung zweier als isomorph längst nachgewiesenen Basen.

Diese besonderen Umstände sind: 1) dafs die Summe der Basen stets gröfser gefunden wurde, als sie in ei- nem neutralen wolframsauren Doppelsalz von Eisenoxy- dul und Manganoxydul seyn kann; 2) dafs auch mehr Wolframsäure erhalten wurde, als die Theorie voraus- setzt, woraus sich ein Totalüberschuß von mehreren Pro- centen ergab. Dieses allgemeine Resultat, verbunden mit den speciellen Zahlenangaben der Analysen deutet, wie wir sehen werden, unverkennbar darauf hin, dafs der Wolfram nicht Wolframsäure, sondern Wolframoxyd enthalte, und erstere bei der Analyse nur durch Oxyda- tion aus letzterem sich bilde.

Was nun die Analyse selbst betrifft, so wurde, so-

bald es nicht darauf ankam, die Quantität der Säure zu bestimmen, das feingepulverte Mineral mit der ungefähr dreifachen Menge von kohlensaurem Natron geschmolzen, das nach dem Auswaschen zurückbleibende Gemenge der Oxyde von Eisen und Mangan in Salzsäure gelöst, und die Scheidung beider Metalle auf die bekannte Weise mittelst Aetzammoniaks und bernsteinsäuren Ammoniaks bewerkstelligt. Da durch Säuren weder aus dem wolframsauren Natron die Wolframsäure noch aus dem correspondirenden Schwefelsalz das Wolframsulfid nur einigermaßen vollständig gefällt werden kann, so mußte ich zur Bestimmung der Wolframsäure eine andere, zwar im höchsten Grade langwierige, aber sichere Methode wählen. Es wurde nämlich das möglichst feine Wolframpulver durch anhaltendes Kochen mit Chlorwasserstoffsäure zerlegt. Hierbei muß man die Säure sehr oft erneuern, und darf die Operation nicht eher für beendet halten, als die Farbe der abgeschiedenen Wolframsäure rein citronengelb ist; denn die zuvor auftretende grüne Farbe, welche wohl auf einer Einnengung des blauen intermediären Oxydes ¹⁾ beruht, macht die Erkennung des noch unzersetzten Mineralpulvers unmöglich. Aus der von der Wolframsäure abfiltrirten Flüssigkeit wurde, nach vollständiger Sättigung durch Ammoniak, das Eisen und das Mangan gefällt, und das von den Schwefelmetallen Abfiltrirte zur Trockniß eingedampft, um durch Glühen des Rückstandes den in der Salzsäure gelöst gebliebenen geringen Antheil der Wolframsäure zu gewinnen. Ich habe auch versucht, den Wolfram mit Chlorcalcium zu schmelzen, und aus der so gebildeten wolframsauren Kalkerde die Säure durch Chlorwasserstoffsäure abzuscheiden, was sich ohne Schwierigkeit bewerkstelligen liefs.

- 1) Wolframpulver, mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt, giebt eine indigblaue Flüssigkeit, die sich an der Luft entfärbt und weißliche Flocken absetzt.

Gehen wir jetzt zu den einzelnen Analysen über.

A. Wolfram von Monte Video, spec. Gewicht ¹⁾ = 7,544.

Ich schmolz 2,380 Grm. des Minerals mit 11 Grm. kohlensaurem Natron, und erhielt 0,510 Grm. Eisenoxyd, 0,1277 Grm. Manganoxoxydul, woraus sich 19,24 Proc. Eisenoxydul und 4,97 Proc. Manganoxdul ergeben. Zwischen beiden Oxydulen ist das Sauerstoffverhältniß wie 4,379 : 1,114, d. h. ungefähr $\approx 4 : 1$. Zwischen dem dritten Bestandtheil des Wolframs und den beiden Oxydulen ist das Sauerstoffverhältniß natürlich ein ganz verschiedenes, je nachdem man die fehlenden 75,89 Proc. für Wolframsäure oder für Wolframoxyd nimmt. Im ersten Falle verhält sich die Sauerstoffmenge des durch den Verlust gefundenen Bestandtheils zur Summe des Sauerstoffs in den Oxydulen wie $15,332 : 5,493 = 2,77 : 1$, im andern Falle wie $10,973 : 5,493 = 2,00 : 1$. Man sieht, wie günstig diese Zahlen der Annahme von Wolframoxyd im Wolfram sind. Die chemische Formel für das gedachte Mineral von Monte Video ist dann $\text{MnW} + 4\text{FeW}$.

B. Wolfram von Ehrenfriedersdorf.

Die Zerlegung geschah nach obiger Weise, und gab für 2,456 Grm. Wolfram 0,524 Grm. Eisenoxyd und 0,125 Grm. Manganoxoxydul. Hieraus folgen 19,16 Proc. Eisenoxydul und 4,74 Proc. Manganoxdul. Die Sauerstoffmengen beider Basen verhalten sich wie 4,362 : 1,062, oder nahe wie $4 : 1$. Die fehlenden 76,10 Proc. enthalten, als Wolframsäure berechnet, 15,392, als Wolframoxyd berechnet, 11,004 Sauerstoff, woraus sich zwischen elektronegativen und elektropositiven Bestandtheilen des Wolframs ein Sauerstoffverhältniß wie 2,84 : 1 im einen und wie 2,03 : 1 im andern Fall ergibt. Dieser Wolfram ist also mit dem vorigen identisch, und wird ebenfalls durch die Formel $\text{MnW} + 4\text{FeW}$ bezeichnet.

1) Die völlige Genauigkeit der spec. Gewichte will ich nicht verbürgen.

C. Wolfram von Chanteloupe, spec. Gewicht = 7,437
bei 11° C.

Es wurden 3,333 Grm. des Minerals mit kohlensaurem Natron geschmolzen, und daraus erhalten 0,6595 Grm. Eisenoxyd und 0,222 Grm. Manganoxydoxydul, oder 17,81 Proc. Eisenoxydul und 6,20 Proc. Manganoxydul. Die Sauerstoffmengen der Oxydule stehen im Verhältniß von 4,055 : 1,390 oder ungefähr 3 : 1. Die Menge des dritten Bestandtheils im Wolfram, aus dem Verlust berechnet, ist 75,99 Proc. mit 10,987 Sauerstoff, wenn wir ihn als Wolframoxyd betrachten. Diefes giebt zwischen letzterem und den Basen ein Verhältniß des Sauerstoffs, wie 2,02 : 1; unter Voraussetzung von Wolframsäure verhielte sich ihr Sauerstoff zu dem der Basen wie 15,370 : 5,445 = 2,82 : 1. Diese Analyse, welche zu der Formel $\text{Mn W} + 3 \text{Fe W}$ berechtigt, wurde durch zwei andere Zerlegungen bestätigt, von denen die erste mittelst kohlensauren Natrons, die andere mittelst kochender Chlorwasserstoffsäure geschah; und zwar gab die erste Analyse für 2,941 Grm. Wolfram 0,53908 Grm., oder 18,33 Proc. Eisenoxydul und 0,16675 Grm. oder 5,67 Proc. Manganoxydul, bei der zweiten aber wurden aus 0,9975 Grm. Wolfram erhalten 0,17665 Grm. = 17,71 Proc. Eisenoxydul, ferner 0,06274 Grm. oder 6,29 Proc. Manganoxydul und 0,803 Grm. oder 80,52 Proc. Wolframsäure, im Ganzen also 104,52 Procent. Nach der Theorie müssen 100 Theile der Verbindung $\text{Mn W} + 3 \text{Fe W}$, falls sich das darin befindliche Wolframoxyd zu Wolframsäure oxydirt, 105,48 Theile geben, was bis auf ein Procent mit der Erfahrung übereinstimmt.

D. Wolfram von Zinnwald, spec. Gewicht = 7,191¹⁾.

Es wurden zunächst fünf Analysen durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron angestellt, um die Menge

1) Somit ist der manganhaltigste Wolfram der specifisch leichteste, obgleich das metallische Mangan nach John schwerer als Eisen ist.

der Basen zu bestimmen. Bei der ersten Analyse lieferten 2,9625 Grm. Wolfram 0,315 Grm. Eisenoxyd und 0,4815 Grm. Manganoxxydoxydul, was einen Gehalt von 9,55 Proc. Eisenoxydul und 15,12 Manganoxxydul giebt. Das Sauerstoffverhältniß zwischen den Oxydulen ist wie 2,173 : 3,392 oder beinahe wie 2 : 3. — Bei der zweiten Analyse erhielt ich aus 2,6755 Grm. Wolfram 0,283 Grm. Eisenoxyd, d. h. 9,49 Proc. Eisenoxydul und 0,427 Grm. Manganoxxydoxydul, d. h. 14,85 Procent Manganoxxydul. Diefs stimmt nahe mit dem Obigen überein, und zeigt ein Sauerstoffverhältniß des Eisenoxyduls zum Manganoxxydul an, wie 2,160 : 3,330, was sich der Proportion 2 : 3 noch mehr nähert.

Die dritte und vierte Analyse, beide unvollständig, lieferten 9,50 Proc. Eisenoxydul und 14,57 Proc. Manganoxxydul.

Die fünfte Analyse, angestellt mit 3,0895 Grm. Wolfram, mißglückte in sofern, als das Eisenoxyd sehr manganhaltig niedergeschlagen wurde, und deshalb auf Kosten des Manganoxxydoxyduls zu schwer ausfiel; es wog nämlich das erstere 0,374 Grm. (10,88 Proc. Eisenoxydul) und das letztere 0,443 Grm. (13,25 Proc. Manganoxxydul). Somit läßt sich nur die Summe beider Basen zu 24,13 Proc. angeben. Setzt man in Zinnwalder Wolfram $9\frac{1}{2}$ Proc. Eisenoxydul voraus, so steigt die Berechnung der Summe auf 24,17 Proc., also um eine zu vernachlässigende Gröfse.

Kehren wir nun zu den beiden ersten Analysen zurück, um das Sauerstoffverhältniß zwischen dem Wolframoxyd und den beiden Basen zu untersuchen. Es enthalten 75,33 Proc. Wolframoxyd 10,892 Sauerstoff und 75,66 Wolframoxyd 10,939 Sauerstoff; daher ist das zu ermittelnde Ver-

Aehnlich bei den kohlensauren Salzen, da der Manganspath (spec. Gew. = 2,4—2,6) leichter ist als der Eisenspath (spec. Gew. = 2,6—2,9). Nach Bergman und nach Hielm ist das Mangan allerdings leichter als Eisen.

hältniß $10,892 : 5,65 = 1,96 : 1$ nach der ersten und $10,939 : 5,490 = 1,99 : 1$ nach der zweiten Analyse. Enthielte der Wolfram Wolframsäure, so wären die Sauerstoffverhältnisse wie $2,74 : 1$ und wie $2,79 : 1$. Aus dem Bisherigen folgt, daß sich der Wolfram von Zinnwald durch die Formel $2\text{Fe}\ddot{\text{W}} + 3\text{Mn}\ddot{\text{W}}$ ausdrücken läßt, und eine Verbindung dieser Art muß nach der Rechnung 81,19 Proc. Wolframsäure geben. Es wurden zwei Versuche gemacht, die Quantität dieser Säure zu bestimmen, der erste durch Zersetzung des Minerals mittelst Salzsäure, der andere mittelst Chlorcalciums.

Von 0,9975 Grm. Wolframpulver blieben, nach sehr anhaltendem Kochen mit Chlorwasserstoffsäure und nach dem Abfiltriren des Gelösten, 0,795 Grm. oder 79,69 Proc. zurück. Die aus dem Abfiltrirten auf bekannte Weise nachträglich gewonnene Säure ging leider verloren, so daß ich sie weder auf Zinnoxid oder andere elektronegative Gemengtheile prüfen, noch ihr Gewicht bestimmen konnte; dem Anschein nach mochten es ein Paar Centigramme seyn.

Durch Schmelzen mit Chlorcalcium und Zersetzung der wolframsauren Kalkerde erhielt ich aus 2,364 Grm. Wolfram 1,9505 Grm. oder 82,51 Proc. Wolframsäure.

Die Ergebnisse der einzelnen Analysen sind größser Uebersichtlichkeit wegen am Schlusse der Abhandlung in Tabellenform zusammengestellt.

Der Wolfram ist schon oft in chemischer Hinsicht untersucht worden, namentlich von Berzelius, Vauquelin und Richardson; ich glaube mich nicht entschuldigen zu müssen, wenn ich nur die Arbeit des erstgenannten Chemikers berücksichtige, um zu zeigen, daß die von ihm gewonnenen Resultate meiner Ansicht von der Zusammensetzung des Wolframs nicht nur nicht widersprechen, sondern ganz besonders günstig sind. Berzelius ¹⁾ untersuchte einen Wolfram von Godolphins-

1) Schweigg. XVI.

Ball in Cumberland, und zwar zu einer Zeit, wo die Zusammensetzung der Manganoxyde noch nicht so genau bekannt war, als jetzt; er fand bei der ersten Analyse 1,25 Proc. Kieselerde, 18,32 Eisenoxydul und 6,22 (corrigirt = 6,43) Manganoxydul; bei der zweiten Analyse 2,10 Proc. Kieselerde, 17,59 Proc. Eisenoxydul und 5,64 (corrigirt = 5,83) Proc. Manganoxydul. Das Fehlende wurde für Wolframsäure gerechnet, unter welcher Voraussetzung sich das Sauerstoffverhältniß zwischen Säure und Basen = 2,67 : 1 nach der ersten und = 2,84 : 1 nach der zweiten Analyse findet, während das rechte Verhältniß 3 : 1 seyn mußte. Wird hingegen das Fehlende als Wolframoxyd angesehen, so verhält sich der darin befindliche Sauerstoff zum gesammten Sauerstoff der Basen wie 1,92 : 1 und wie 2,03 : 1, d. h. fast wie 2 : 1. Da außerdem der Sauerstoff des Manganoxyduls ein Drittel vom Sauerstoff des Eisenoxyduls beträgt, so wäre dieser Wolfram gleich dem von Chanteloupe nach der Formel $Mn \ddot{W} + 3 Fe \ddot{W}$ zusammengesetzt.

Ganz interessant ist eine Vergleichung des Wolframs mit der natürlichen wolframsauren Kalkerde, dem Tungstein. Dieß Mineral ist in viergliedrigen Octaëdern krystallisirt, der Wolfram in zwei- und eingliedrigen Säulen; es ist weiß, der Wolfram schwarz. Die erste Verschiedenheit läßt sich freilich durch Dimorphie erklären, doch muß die schwarze Farbe einer neutralen Verbindung der Wolframsäure mit Eisenoxydul und Manganoxydul gewiß auffallen, zumal da das künstliche wolframsaure Manganoxydul, nach John, von weißer Farbe ist. Da es aber trüglich ist, die Farbe einer Verbindung aus ihrer Zusammensetzung ableiten zu wollen, so mag auch hierauf kein Gewicht gelegt werden ¹⁾. Wo-

1) Das spec. Gewicht der Wolframsäure ist nach Karsten 7,14, das der Oxydule von Eisen und Mangan auf jeden Fall merklich geringer, und das des Mineralen Wolfram 7,19—7,54; es müßte also die Wolframsäure dadurch, daß sie etwa $\frac{1}{3}$ ihres Gewichts an leichtem Poggendorff's Annal. Bd. LII.

her aber käme die schwierige Zersetzbarkeit des Wolframiates von Eisen- und Manganoxydul, während doch das Wolframat von Kalkerde so leicht durch Säuren angegriffen wird? Hier ist eine ähnliche Verschiedenheit in der Constitution beider Körper angedeutet, als zwischen dem schwer zersetzbaren Chromeisenerz (Chromoxyd-Eisenoxydul) und dem leicht zersetzbaren Rothbleierz (chromsauren Bleioxyd). Nicht unwichtig ist ferner, daß die Analyse des Tungsteins von Berzelius (a. a. O.) das Verhältniß des Sauerstoffs der Säure zum Sauerstoff der Basis fast genau wie 3 : 1, nämlich wie 2,985 : 1 giebt, da doch derselbe Chemiker dieses Verhältniß beim Wolfram, wie wir sahen, nur als unvollkommene Approximation erhielt.

So hätten wir denn, wenigstens mit hoher Wahrscheinlichkeit, folgende Resultate gewonnen:

- I. Der Wolfram (Scheeleisenerz) besteht aus zwei Verbindungen, von denen die eine gleiche Atome Wolframoxyd und Eisenoxydul, die andere gleiche Atome Wolframoxyd und Manganoxydul enthält.
- II. Diese beiden Verbindungen sind in den Wolframen verschiedener Fundorte nach verschiedenen, doch stöchiometrisch bestimmten Verhältnissen mit einander vereinigt.

Schließlich kann ich meinen Dank gegen die Hrn. H. und G. Rose nicht zurückhalten, von denen der Erste mir sein Laboratorium für einen großen Theil der Untersuchung zur Verfügung gestellt, der Andere mich mit dem nöthigen Vorrath an Wolfram versehen hat.

teren Substanzen aufnimmt, specifisch schwerer werden. Dahingegen liegt das spec. Gewicht des Wolframs zwischen dem spec. Gewichte der Wolframsäure und dem des Eisens und Mangans, und wirklich kann man sich ihn als Verbindung von Säure mit Metall vorstellen, nach der Gleichung $R\ddot{V}\ddot{V}=R+\ddot{V}\ddot{V}$.

I. Wolfram von Monte Video und Ehrenfriedersdorf.

	Ber. n. d. Formel $\text{Mn} \ddot{\text{W}} + 4 \text{Fe} \ddot{\text{W}}$	Monte Video	Ehrenfrie- dersdorf	Ber. n. d. Formel $\text{Mn} \ddot{\text{W}} + 4 \text{Fe} \ddot{\text{W}}$
Eisenoxydul	19,26	19,24	19,16	18,26
Manganoxydul	4,89	4,97	4,74	4,63
Wolfram und Sauerstoff	75,85	75,89	76,10	77,11
	100,00	100,00	100,00	100,00

II. Wolfram von Chanteloupe.

	Ber. n. d. Formel $\text{Mn} \ddot{\text{W}} + 3 \text{Fe} \ddot{\text{W}}$	Gefunden, Analyse			Ber. n. d. Formel $\text{Mn} \ddot{\text{W}} + 3 \text{Fe} \ddot{\text{W}}$
		1.	2.	3.	
Eisenoxy- dul . . .	18,06	17,81	18,33	17,71	17,12
Mangan- oxydul .	6,11	6,20	5,67	6,29	5,79
Wolfram u. Sauerstoff	75,83	75,99	76,00	76,00	77,09
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

III. Wolfram von Zinnwald.

	Ber. n. d. Form. $2 \text{Fe} \ddot{\text{W}} + 3 \text{Mn} \ddot{\text{W}}$	Gefunden, Anal.					Ber. n. d. Form. $2 \text{Fe} \ddot{\text{W}} + 3 \text{Mn} \ddot{\text{W}}$
		1.	2.	3.	4.	5.	
Eisen- oxydul	9,62	9,55	9,49	9,50	—	24,13	9,12
Mangan- oxydul	14,64	15,12	14,85	—	14,57		13,89
Wolfram u. Srst.	75,74	75,33	75,66			75,87	76,99
	100,00	100,00	100,00			100,00	100,00

IV. Gewichtsüberschufs auf 100 Theile Wolfram.

Vv. v. Chant.	Wolfram von Zinnwald.		Ber. n. d. Formel R $\ddot{\text{W}}$.
Analyse 3.	Analyse 1 und 6.	Analyse 5 und 7.	
4,5	über 4,4	6,6	5,5

X. *Ueber den, Zusammenhang der vulkanischen Phänomene in Süd-Amerika, und über die Bildung von Bergketten und Vulkane als Wirkung derselben Kraft, durch welche Continente erhoben werden;*
von Charles Darwin.

(Aus den *Transact. of the geolog. Soc. at London.* Im Auszug.)

Der Zweck dieses Aufsatzes ist eine Beschreibung der HAUPTERSCHEINUNGEN der Erdbeben an der Westküste von Südamerika, und besonders desjenigen, welches am 20. Februar 1835 *Concepcion* zerstörte. Diese Erscheinungen zeigen eine innige Verbindung zwischen den vulkanischen und den Hebungs Kräften, und es wird versucht, Schlüsse in Bezug auf die langsame Bildung der Bergketten zu ziehen.

Bei dem Erdbeben in Chili am 20. Februar 1835 hat eine Hebung der Küste auf eine beträchtliche Ausdehnung stattgefunden; für die Umgebung von *Concepcion* wird bestätigt, was Fitz Roy und Caldcleugh über diese Hebung berichtet haben. Die Insel *Juan Fernandez*, 90 geographische Meilen nordöstlich von *Concepcion*, wurde mehr beunruhigt, als die gegenüberliegende Küste des Festlandes. Ein Vulkan brach noch bei *Bacalao Head* an dem Tage und in der folgenden Nacht an einer Stelle des Meeres aus, deren Tiefe später zu 69 Faden bestimmt wurde.

Diese Thatsache ist merkwürdig, weil auch während des Erdbebens, welches 1751 *Concepcion* zerstörte, diese weit entlegene Insel heftige Schwankungen erlitt. Einer Sage nach soll auch damals das Land gehoben worden seyn, ziemlich in demselben Bereiche, wie bei dem Erd-

beben von 1835. Molina giebt an, daß die wellenförmige Bewegung von Süden her kam, und ungefähr so wird es auch von der zweiten Katastrophe angegeben.

Daß die Bewegung der Oberfläche wellenförmig war, zeigt der Umstand, daß in Concepcion die Mauern, welche in der Richtung derselben sich befanden, im Allgemeinen aufrecht stehen blieben, obgleich sehr zerrüttet, während die rechtwinklich dagegen liegenden umgestürzt wurden. Auf der Insel *Chiloe* beugten sich die Bäume, nach dem Zeugniß von Hrn. Douglas, bis zur Erde nieder.

Die Kordilleren-Kette, welche dieser Insel Chiloe gegenüberliegt, ist bei weitem niedriger, als die Hauptkette; nur wenige ausgezeichnete Gipfel erreichen 7000 Fuß Höhe. Der Vulkan von *Osorno* befand sich zwei Tage vor dem Erdbeben in einer mäßigen Thätigkeit; der *Minchinmadom* in gleichem Zustande wie seit 30 Jahren; der *Corcovado* war während eines Jahres ganz ruhig gewesen. In dem Augenblicke des Stosses brach aus dem *Osorno* eine dicke Rauchsäule hervor, ein Krater brach an der Südostseite des Berges auf, glühende Steine wurden ausgeschleudert; einige Tage später glühte der neue Krater noch, so wie der alte auf dem abgestumpften Gipfel des Berges. Die Thätigkeit dauerte während des ganzen Jahres fort. Der *Minchinmadom* verhielt sich ähnlich; zwei wirbelnde weißse Rauchsäulen waren während des Morgens gesehen worden, aber bei dem Stosse erhoben sich ihrer viele im großen Krater, und Lava ergoß sich aus einem kleineren an der Schneegränze. Dieser kleinere Krater erlosch nach acht Tagen; aber bei Nacht leuchtete er fort. Am 26. März war ein starker Erdstoß, und diese fünf Feuersäulen erschienen von Neuem; 14 Tage später überragten die Spitzen von 15 Kegeln die Wände des großen Kraters.

Der *Corcovado* zeigte bei dem Hauptstoße keine besondere Thätigkeit; aber als nach einer Woche Wol-

ken ihn wieder sichtbar machten, war der Schnee um den nordwestlichen Krater geschmolzen. Am *Yantales*, einem hohen Berge südlich vom *Corcovado*, wurden drei schwarze Flecken über der Schneegränze bemerkt von kraterförmigen Ansehen, welche man früherhin nicht beobachtet hatte; da auch sonst die Ausbrüche des *Osorno* und *Corcovado* gleichzeitig sind, so scheint dies genügend, um zu zeigen, daß die Wirkungen der großen Katastrophe vom 20. Februar auch an diesen südlichsten der amerikanischen Vulkane bemerkt wurden.

Am 11. November waren wieder heftige Ausbrüche des *Osorno* und *Corcovado*, welche Steine zu großen Höhen auswarfen und viel Geräusch verursachten; *Talcahuano*, der Hafen von *Concepcion*, nicht viel weniger als 80 Meilen davon entfernt, litt an demselben Tage durch ein heftiges Erdbeben. Hier trat wiederholt dieselbe Verbindung der Erscheinungen wieder auf, wie am 20. Februar. Am 5. December stürzte die Süd Süd-Ostseite des *Osorno* ein; die beiden getrennten Kratere vereinigten sich, wie es schien, zu einem großen Feuerstrome, ungeheure Massen von Asche und Rauch wurden in den nächsten 14 Tagen ausgestossen. Die vulkanische Kette vom *Osorno* bis zum *Yantales*, nahe auf 40 Meilen Länge, wurde nicht allein in dem Moment des Hauptstosses am 20. Februar 1835 in Thätigkeit gesetzt, sondern blieb mehre Monate darin.

Am 7. November 1837 wurde *Valdivia* und *San Carlos*, die Hauptstadt von Chiloe, heftig erschüttert, stärker als jemals früher; dieser Stofs war bedeutend zu *Talcahuano*, und es scheint, daß die Insel Lemus in dem Chonos-Archipelagus, 50 Meilen südlich von *San Carlos*, während dieses Erdbebens um 8 Fufs in die Höhe stieg.

Im Jahr 1835 waren das Erdbeben von *Chiloe*, der Ausbruch der benachbarten Vulkanreihe, die Hebung des Landes um *Concepcion*, der Ausbruch im Meere bei *Juan*

Fernandez gleichzeitig, und bildeten eine und dieselbe grofse Erscheinung. Im Jahre 1837 wurde ein grofser Theil derselben Fläche heftig erschüttert, während eine Gegend, 50 Meilen südlich von *San Carlos* und *Chiloe* gehoben wurde, indessen 1835 eine Gegend 80 Meilen nördlich davon eine solche Hebung zeigte. An einem Ende der bewegten Fläche schmolz der Schnee auf dem *Yantales* und die nahen vulkanischen Oeffnungen nahmen von Neuem eine Thätigkeit an, gleichzeitig mit dem Ausbruche unter dem Meere bei *Juan Fernandez*, in 180 geogr. Meilen Entfernung; bald nachher brachen die Vulkane 100 Meilen östlich von dieser Insel auf, und eine grofse Fläche Landes zwischen diesen Punkten wurde gehoben.

Aus der gleichzeitigen vulkanischen Bewegung an so entfernten Punkten folgert der Verfasser, dafs das Festland von Chili auf einem unterirdischen See geschmolzener Masse schwimmend ruhe. Wolle man dieser Ansicht nicht beistimmen, so bleibe nur die Annahme übrig, dafs Kanäle von den verschiedenen Ausbruchspunkten sich in einer grofsen Tiefe verbinden, so dafs von einem Punkte aus sich eine Kraftäufserung in gleicher Stärke nach sehr entlegenen Theilen der Oberfläche fortpflanzen könne. Wenn aber eine Verbindung zwischen zwei Vulkanreihen der Andes stattfinde, wie es sehr wahrscheinlich sey, so müsse dieselbe überaus tief liegen. Die Berechnungen über die Tiefe, in der alle Gebirgsarten bereits geschmolzen sind, zeigen, dafs diefs etwa in 4 bis 5 Meilen Tiefe stattfinde, und dafs die Rinde wirklich nur mit einer dünnen Eisdecke auf einem Teiche verglichen werden könne. Wenn aber mit diesen Erscheinungen gleichzeitig die Küste von Chili und Peru auf Hunderte von Meilen erhoben wurde, so kann das Verbindungsmittel, welches sich unter einem grofsen Theile des Kontinents verbreitet, nicht füglich mit Kanälen verglichen werden. Die Thatsachen deuten auf eine grofse, wiewohl langsame Veränderung der Ober-

fläche der inneren flüssigen Masse, auf welcher die feste Erdrinde ruhe; und die Verbindung, in welcher die Hebung des Landes mit den vulkanischen Ausbrüchen stehe, welche sich eben so wie diese nur in einzelnen Katastrophen deutlich zeige, mache es nothwendig, jede Theorie der Vulkane zu verwerfen, welche nicht auch gleichzeitig Rechenschaft von den Erhebungen der Continente gebe.

A. v. Humboldt in der Beschreibung der Vulkane, welche den Mexicanischen Busen einfassen, stellt zum Beweise, dafs ihre erhöhte Thätigkeit grofse Flächenräume umfafst, folgende Erscheinungen zusammen:

- | | | |
|-------|----------------|--|
| 1796. | November. | Der Vulkan von <i>Pasto</i> beginnt Rauch auszustofsen. |
| 1797. | 4. Februar. | Zerstörung von <i>Riobamba</i> . |
| — | 27. September. | Ausbruch auf den Westindischen Inseln. Vulkan von <i>Guadeloupe</i> . |
| — | 14. December. | Zerstörung von <i>Cumana</i> . |
| 1811. | Mai | Anfang des Erdbebens auf der Insel <i>St. Vincent</i> , welches bis zum 12. Mai dauert. |
| — | 16. December. | Anfang der Erschütterungen im <i>Mississippi</i> - und <i>Ohio</i> -Thale, welche bis in's J. 1813 dauern. |
| — | December. | Erdbeben in <i>Caracas</i> . |
| 1812. | 26. März. | Zerstörung von <i>Caracas</i> , Erdbeben, welche bis in's Jahr 1813 dauern. |
| — | 30. April. | Ausbruch des Vulkans von <i>St. Vincent</i> , an demselben Tage unterirdisches Getöse zu <i>Caracas</i> und am Flusse <i>Apure</i> . |

Diesen Zusammenstellungen läfst sich folgende über die Erscheinungen im Jahre 1834 und 1835 zur Seite stellen.

1834. 20. Januar. *Sabiondoy* ($1^{\circ} 15' \text{ N. Br.}$) bei Pasto, furchtbares Erdbeben, 80 Personen kamen um; die Stadt *Santiago* wurde verschlungen.
- 22. Mai. *St. Marta* ($11^{\circ} 30' \text{ N. Br.}$). Zwei Drittel der Stadt stürzten in wenigen Tagen ein, 60 gefährliche Stöße.
- 7. September. *Jamaica*, heftiges Erdbeben, die Stadt litt großen Schaden.
1835. 20. Januar. *Osorno* ($40^{\circ} 31' \text{ S. Br.}$). Ausbruch.
- 20. Januar. vor Tages Anbruch. *Aconcagna* ($32^{\circ} 30' \text{ S. Br.}$) Ausbruch.
- am Morgen. *Coseguina* ($13^{\circ} \text{ N. Br.}$), ein schreckbarer Ausbruch, blieb zwei Monate in Thätigkeit.
- 12. Februar. Erschütterung auf dem Meere, sehr stark in der Nähe der Küste von Guyana.
- 20. Februar. *Juan Fernandez* ($33^{\circ} 30' \text{ S. Br.}$). Ausbruch im Meere.
- 11½ U. v. M. *Concepcion* ($36^{\circ} 40' \text{ S. Br.}$) und alle benachbarte Städte durch ein Erdbeben zerstört; die Küste dauernd gehoben; die Vulkane in der ganzen Länge der Kordillere von Chili machen Ausbrüche, blieben Monate hindurch thätig und viele Erdbeben kamen vor.
- 11. November. *Concepcion*, heftiges Erdbeben, *Osorno* und *Corcovado* in heftiger Thätigkeit.

1835. 5. December. *Osorno*, Einsturz mit einem grossen Ausbruche.

Der Ausbruch des *Coseguina* ist von Caldcleugh beschrieben; am 29. Januar zeigte sich nach 26jähriger Ruhe ein leises Geräusch und eine Rauchsäule; am Morgen des folgenden Tages um 6 $\frac{1}{2}$ Uhr zeigte sich eine Wolke von ungewöhnlicher Grösse und Gestalt; ungeheure Massen von Asche und Bimsstein wurden ausgeworfen und der Boden an den nachfolgenden drei Tagen zerrissen ¹). Die Gleichzeitigkeit der drei Ausbrüche am 19. und 20. Januar ist überraschend, der Anfang ist nur 6 Stunden von einander entfernt. Der *Aconcagua* ist 120 Meilen gegen Nord vom *Osorno* entfernt, aber der *Coseguina* 675 Meilen gegen Nord vom *Aconcagua*. Bei dieser ungeheuern Entfernung kann man allerdings fragen, in wiefern diese Erscheinungen einen gemeinsamen Ursprung haben, oder ob ihr Zusammenreffen zufällig sey. In Bezug auf den *Aconcagua* und *Osorno* findet keine Schwierigkeit statt, weil in demselben Bezirke, und nur einen Monat später, weiter von einander entfernte Vulkane gleichzeitig aufgeregt wurden; dennoch findet dabei der Unterschied statt, daß der frühere gleichzeitige Ausbruch des *Aconcagua* und des *Osorno* von keiner allgemeinen Bewegung des unterirdischen Bezirkes begleitet war. Der Fall des *Coseguina* wird dadurch so auffallend, daß zwei dieser drei Vulkane gewöhnlich ruhen; bei dem *Coseguina* ist, nach Caldcleugh, eine 26jährige Ruhe vorausgegangen, und der *Aconcagua* zeigt sich so selten thätig, daß sogar bezweifelt worden ist, ob irgend ein Theil seiner gigantischen, 23000 Fufs hohen Masse wirklich vulkanischen Ursprungs sey. In einer Gegend, deren Charakter keine Einheit besitzt, wird bei so entlegenen Vulkanen kaum an eine gemeinsame Ursache gedacht werden, aber in Amerika führt die Lage sämtlicher Vulkanmündungen

1) S. Ann. Bd. XXXVII S. 447 und Bd. XXXXI S. 221.

auf einer Spalte, und die Gleichförmigkeit der ebenen Flächen auf der Ostseite als ein Zeichen der gleichförmigen Wirkung vulkanischer Kräfte in diesem Theile der Erde wohl darauf hin. Wenn nun gar die Küstenstrecke auf 500 geogr. Meilen Länge in so neuen Zeiten, daß sie gegen geognostische Zeitalter zu einem Punkt sich zusammenziehen, gehoben worden ist, so kann man es nicht als unwahrscheinlich betrachten, wenn die Aufregungen, die diese Wirkungen herbeiführten, einmal gleichzeitig gewesen sind.

Daraus ergibt sich, daß die unterirdischen Kräfte ihre Wirkungen unter einem großen Theile von Süd-Amerika mit erheblichen Unterbrechungen zeigen, wie bei einzelnen Vulkanen; sie ruhen eine Zeit lang und werden dann mit erneuter Stärke in großen Districten wirksam.

Die Natur der Erdbeben, welche mit unregelmäßigen Unterbrechungen die Westküste von Süd-Amerika treffen, führt zu dem Schlusse, daß sie durch das Eindringen feuerflüssiger Massen in die feste Erdrinde hervorgebracht werden. Heftige Erdbeben, eben so wie heftige Ausbrüche, erneuern sich nur von Zeit zu Zeit, und es scheint daher wohl, daß beide in gleicher Art die Spannung der unterirdischen Kräfte vermindern. Diefes ist auch die Ansicht der Einwohner, welche von einem innigen Verhältniß der unterirdischen Thätigkeit der Vulkane und den Erschütterungen des Bodens überzeugt sind. Bei den Erdbeben, wie dem von Concepcion, folgen viele Stöße dem ersten Hauptstofse, sie kommen von derselben Gegend her, eben so wie der unterirdische Donner, und haben daher sicherlich dieselbe Ursache, nur eine geringere Stärke. So zählte man an dem ersten Tage nach dem Erdbeben von Lima, 1746, nicht weniger als 200 furchtbare Stöße. Dagegen bei Erdbeben, welche den ersten Durchbruch eines neuen Vulkans bezeichnen, die Erde bald nachher ruhig wird; nur in der

unmittelbaren Nähe wird der Boden erschüttert bei jedem neuen Auswurfe. Diese Erschütterungen sind den nachfolgenden Stößen der Erdbeben zu vergleichen. Die Ursache eines ersten vulkanischen Ausbruches ist das Hervorstossen gasförmiger und feuerflüssiger Massen erst durch die feste Rinde, dann durch einen beinahe offenen Ausweg, daher scheint die Ursache der Erdbeben mit den nachfolgenden Stößen in Explosionen ähnlicher Beschaffenheit zu liegen, welche sich keinen Ausweg bahnen, aber nach und nach Theile der aufliegenden Massen von einander reissen.

Die wellenförmige Bewegung, welche sich horizontal in dem Boden in einer bestimmten Richtung fortpflanzt, kann nicht von einem Punkte in grosser Tiefe ausgehen, sondern nur von dem Zerreißen der festen Masse in einer geringen Tiefe unter der Oberfläche. Uebereinstimmend mit diesen Bewegungen dehnt sich das Erdbeben in die Länge aus, das von Valparaiso im Jahre 1822 auf eine Länge von 220 geogr. Meilen an der Küste des stillen Meeres, das von Concepcion im Jahre 1835 auf mehr als 250 Meilen Länge; aber niemals in einer grossen Erstreckung quer gegen die Richtung der Cordillere. In Concepcion, Valparaiso, Lima, Acapulco glauben die Einwohner, dass die Störungen von dem benachbarten Meere ausgehen, daher die Städte im Innern weniger beschädigt werden, als an der Küste. Die Störungen gehen nicht von einem Punkte aus, sondern von vielen, die in einem Bande liegen, daher auch die linienartige und ungleiche Erstreckung der Erdbeben.

Die Erhebung des Bodens scheint in Süd-Amerika sehr oft mit dem Erdbeben zusammenzufallen, doch ist nicht immer eine solche in einer bemerkenswerthen Grösse damit verbunden, wie das Erdbeben zu Lima von 1746 beweist. Es möchte scheinen, dass die Hebung allein alle Wirkungen des Erdbebens von Concepcion erklärt, aber dem Hauptstosse folgten in den nächsten Tagen

viele kleinere, welche von derselben Seite herkamen, wie der Hauptstofs: damit wurde der Boden ganz bestimmt nicht gehoben; einige Wochen nachher befand sich der Boden sogar noch etwas niedriger als unmittelbar nach der grossen Erschütterung. Auch zu Valparaiso im Jahr 1822 geschah die Hebung am Morgen nach dem grossen Stofse, wiewohl der Boden mit Unterbrechungen noch Tage lang zitterte. Aus diesen Betrachtungen folgert der Verfasser 1) dafs der Hauptstofs durch eine heftige Zerreißung der festen Erdrinde erzeugt werde, welche oft unter dem benachbarten Meere zu liegen scheine; 2) dafs demselben viele kleinere Brüche folgen, welche sich beinahe bis zur Oberfläche erstrecken, dieselbe aber nur in dem seltenen Falle eines untermeerischen Ausbruches erreichen; 3) dafs die zerrissene Fläche sich ungefähr dem Küstengebirge parallel erstrecke; 4) dafs wenn mit dem Erdbeben eine Hebung des Landes in Masse verbunden ist, eine besondere Ursache dieser Störung noch hinzutreten müsse; und endlich, dafs ein Erdbeben, oder die durch dasselbe angedeutete Wirkung, die unterirdische Spannung in derselben Art wie ein Ausbruch aus einem gewöhnlichen Vulkan vermindere.

Die Axe der meisten Gebirgsketten wird von keilförmigen, lang gestreckten Gesteinsmassen gebildet, welche nach der jetzt allgemeinen Annahme einst flüssig waren, und unter hohem Druck erkaltet sind. Das Eindringen solcher Massen in die feste Erdrinde mufs die unterirdische Spannung eben so vermindert haben, wie ein Lava-Ergufs aus einer Vulkan-Oeffnung. Die Raumveränderungen in den oberen Theilen der Erdrinde müssen von Schwingungen begleitet werden, welche sich nahe an der Oberfläche über die angränzende Gegend verbreiten und welche Richtung diese Raumveränderungen nehmen, mufs nicht eine in derselben Richtung verlängerte Fläche diese Schwingung gefühlt haben. Diese Analogien zeigen wohl, dafs Erdbeben, wie das von

Conception 1835, durch die Zerreiſung großer Maſſen der feſten Erdrinde und durch Eindringen geſchmolzener Maſſen in die Spalten hervorgebracht wurden.

Der Schluſs, zu welchem der Verfaſſer weiter gelangt, daſs die Erhebung von Bergketten nur eine untergeordnete und abhängige Erſcheinung der Hebung des Continents ſey, iſt weniger begründet, und führt in ein Gebiet, welches nicht aus einem einseitigen Standpunkte und von wenigen Thatſachen ausgehend betrachtet werden darf.

XI. *Hebung an der Weſtküſte Frankreichs* ¹⁾.

Der Phare von la Rochelle enthält merkwürdige Beobachtungen über die Zunahme des Landes an der franzöſiſchen Küſte des Oceans, durch welche der Grund und Boden auf eine bedeutende Weiſe vermehrt wird. In Bourgneuf befinden ſich jetzt die Trümmer eines engliſchen Schiſſes von 64 Kanonen (welches 1752 auf einer Austerbank zu Grunde gegangen war) mitten in einem großen bebauten Felde, deſſen Fläche 15 Fuſs über der Meeresfläche erhaben iſt. In dieſer einzigen Gemeinde Bourgneuf ſind ſeit 25 Jahren über 500 Hektaren anbaufähiges Land gewonnen worden. Die Inſel Bouin, die ſonſt von Bourgneuf durch eine Rhede von 7500 Fuſs Breite getrennt war, liegt jetzt ganz in der Nähe, und wenn nicht der kleine Fluſs Faleron hier mündete, würde dieſer ſchmale Kanal bald ausgefüllt und die Inſel Bouin mit dem Feſtlande verbunden ſeyn. Port Bahaud, wo die holländiſche Schiſſe ihre Salzladungen einnahmen, liegt jetzt 9000 Fuſs von dem Meere. Der Hafen St. Gilles füllt ſich von Tage zu Tage mehr

1) Entnommen aus der Haude- und Spener'schen Zeitung.

aus. Die Insel Olonne ist nur noch von Wiesen und Morästen umgeben. Alle diese Aenderungen haben in weniger als einem Jahrhundert an den Küsten des Departements der Vendée und der Unter-Loire stattgehabt. Im ersten Augenblick sollte man versucht seyn, dieselben einem Zurücktreten des Wassers des Meeres zuzuschreiben; aber die Bemerkung, daß die Höhe des Wassers des Oceans in dem Hafen von Brest seit einem Jahrhundert unverändert geblieben ist, widerspricht dieser Vermuthung. Es bleibt also nur die von Land-Anschwemmungen des Meeres übrig, aus mehr oder weniger sandigen Gründen, aus Dünen, und, jedoch seltener, aus Kieselgeschieben. Aber eine so bedeutende Erhöhung des Bodens, wie die, wodurch z. B. eine Austerbank zu einem bebauten Felde geworden ist, kann in 89 Jahren nicht durch diese Ursache allein herbeigeführt worden seyn. Man muß also seine Zuflucht zu der Hypothese einer aufsteigenden Erhebung der Meeresküste nehmen, einer Hypothese, die auch durch Beobachtungen bei Marennes bestätigt wird, wo von einer Bank Kalkfelsen angegeben wird, daß sie sich immer mehr hebe, und durch Beobachtungen an einer Saline bei Oleron, deren Theile man alle 25 Jahre wegen der Erhebung des einen äußersten Theils derselben von Neuem in das Niveau legen muß; endlich durch Beobachtungen an einer Mühle in der Nähe, bei der ein Theil des Giebels, welcher sich gleichfalls erhebt, zerreißt, und von Zeit zu Zeit Ausbesserungen erfordert, damit nicht der Umsturz des ganzen Gebäudes herbeigeführt werde.

XII. Meteorsteinfall bei Grüneberg in Schlesien ¹⁾).

Am 22. März d. J. Nachmittags 3½ Uhr vernahmen Einwohner von Heinrichau, die unweit des sogenannten Scho-

1) Aus der Breslauer Zeitung.

benhauses, hinter dem Meil-Eichen-Krüge mit Reifsigbinden beschäftigt waren, drei starke Donnerschläge gleich Kanonenschüssen, ungeachtet, aufser einer kleinen Wolke im Scheitelpunkt, der Himmel vollkommen heiter war. Unmittelbar darauf erhob sich ein starkes Sausen in der Luft, das von Abend herzukommen schien, je mehr es sich näherte, immer stärker wurde, und zuletzt in einen Klang, gleich dem einer Orgel, hoch und niedrig sich veränderte, was ungefähr fünf Minuten anhalten mochte. Der Klang, je mehr er sich der Erde näherte, nahm wieder den Ton des Sausens an, und hierauf hörten jene Arbeiter einen schweren Körper, wie wenn man einen Stein auf die Erde wirft, niederfallen. Sie gingen der Richtung nach, wo sie glaubten daß der Ton herkäme, und einer derselben bemerkte in einer Entfernung von 100 bis 150 Schritt die Erde in dieser Richtung aufgelockert, und grub mit einem Stücke Holz nach, weil er fürchtete, der Stein, den er aus der Luft an dieser Stelle heruntergefallen glaubte, könne heifs seyn, weshalb er Anstand nahm, den Stein, der sich durch das Einstossen des Holzes in das Loch fühlen liefs, sogleich anzugreifen. Endlich brachte er ihn in Gemeinschaft eines anderen aus der Erde, in welche er ungefähr einen halben Fuß tief eingeschlagen war, wie diefs die frisch aufgeworfene Erde erkennen liefs. Der Stein war aber ganz kalt. Er wurde später dem K. Kreislandrath, Prinzen Friedrich von Schönaich-Carolath, behändigt, und ist von demselben der K. Regierung nebst Bericht übersandt worden. Der Fundort ist ein Kiefergehege auf Seiffersholzer Terrain. — Die Explosion ist auch in Sagan, Züllichau, Neusatz und vielen Dörfern des Grüneberger Kreises gehört worden. — Der aufgefundenene Stein ist das Bruchstück eines gröfseren, der in der Luft zerplatzte, er wiegt 2 Pfund 9 Loth, und hat ungefähr die Form einer vierseitigen Pyramide; drei seiner Seiten stellen Bruchflächen dar, die vierte und die Basis sind mit jener eigenthümlichen schwarzen dünnen Schale bekleidet, die den Aërolithen eigenthümlich ist. Eine vorläufige chemische Untersuchung, von Hrn. Apotheker Weimann in Grüneberg unternommen, läfst wenigstens an der Natur des aufgefundenen Steins keinen Zweifel übrig.